

SANALI GERÇEĞE DÖNÜŞTÜRMEDE HAREKET YAKALAMA TEKNOLOJİSİ MOTION CAPTURE TECHNOLOGY IN TURNING THE VIRTUAL INTO REALITY

Dr. Öğretim Üyesi Serhat ERDEM

Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Sinema-TV Bölümü

serhaterdem@atauni.edu.tr, Erzurum/Türkiye Orcid: 0000-0002-3782-0147

ÖZET

Hareket yakalama teknolojisi (*motion capture*), yüzyılı aşkın bir süre içerisinde insanlığın geliştirdiği teknik ve teknolojinin de etkileri ile büyük ölçüde gelişim göstermiştir. Başlangıçta hareket yakalama, sanatçıların karşılarında bulunan oyuncuların performanslarını el ile kare kare kağıda aktarmasıyla gerçekleştirilmekteydi. Günümüzde ise bilgisayar, takip sensörleri, kameralar ve işlemcilerin gücünü kullanan yazılımlar sayesinde, karmaşık bir yapının uzantısı olarak, tüm beden hareketlerini yakalayacak kadar hassas bir teknolojik düzeye erişilmiş bulunmaktadır. Hareket yakalama teknolojisinde farklı uygulama teknikleri bulunmaktadır. Bunlar, özlüce, işaretleyici tabanlı ve işaretleyici tabanlı olmayan hareket yakalama teknikleri olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca işaretleyici tabanlı hareket yakalama teknikleri de kendi içerisinde farklı uygulama tekniklerine sahiptir; akustik, mekanik, manyetik ve optik sistemler.

Önceleri askeri ve tıp alanlarında kullanılan ve pek fazla bilgi sahibi olunmayan hareket yakalama teknolojisi, eğlence endüstrisi tarafından kullanılmaya başlandıktan sonra giderek popülerlik kazanmıştır. Özellikle film endüstrisinde kullanılmaya başlanan teknoloji, animasyon ve sanal karakterlere insansı hareketler kazandırmak için sıkça başvurulmuş bir teknoloji konumuna gelmiştir. CGI tabanlı görsel materyallerin kullanıldığı ve izleyiciyi filmsel gerçeklikten koparmadan sunumunu gerçekleştiren filmlerde, hareket yakalama teknolojisi anahtar rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, öncelikli olarak hareket yakalama teknolojilerinin geçirmiş olduğu tarihsel süreç ele alınmış; ilk hareket yakalama tekniği olan rotoskop (rotoscope), hareket yakalama teknolojisi ve uygulama tekniklerine ilişkin detaylı literatür sunulmuş; ardından da amaçlı örneklem yöntemi kullanılarak ‘Maymunlar Cehennemi’ serisinin sonuncusu olan ‘Maymunlar Cehennemi Savaş’ filmi teknik özellikleri bağlamında incelenmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma ile film endüstrisi içerisinde uygulamalı olarak yer alan yönetmenler, sanat yönetmenleri, yapımcılar ve efekt uzmanları kadar alan uzmanlarının da film yapımlarında hareket yakalama teknolojisinin süreçleri çözümleme ve geliştirmeleri yönünde bir vizyon geliştirmek amaçlanmıştır; ileriki dönemlerde yapılacak çalışmalara örnek bir çalışma ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu sayede alandaki gelişmelerin tarihsel süreç içerisindeki izleğini sunmak mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hareket Yakalama, Teknoloji, Animasyon, Efekt, Sinema.

ABSTRACT

Motion capture technology has developed greatly over a century, with the effects of technology and techniques developed by humanity. Initially, motion capture was accomplished by artists manually transferring the performances of the actors in front of them on square-by-frame paper. Today, thanks to software using the power of computers, tracking sensors, cameras and processors, a technological level has been reached that is sensitive enough to capture all body movements as an extension of a complex structure. There are different application techniques in motion capture technology. These are succinctly classified as marker-based and non-marker-based motion capture techniques. In addition, marker-based motion capture techniques also have different application techniques; acoustic, mechanical, magnetic and optical systems.

Motion capture technology, which was previously used in the military and medical fields and not much information, has gained popularity after being used by the entertainment industry. The technology, which has been used especially in the film industry, has become a technology that is frequently used to give humanoid movements to animation and virtual characters. Motion capture technology plays a key role in films that use CGI-based visual materials and present their presentation without detaching the audience from filmic reality.

In this study, primarily the historical process of motion capture technologies is discussed; Detailed literature on rotoscope, motion capture technology and application techniques, which is the first motion capture technique, is presented; Afterwards, the movie 'War for the Planet of the Apes', which is the last of the 'Planet of the Apes' series, was examined in the context of its technical features by using purposive sampling method. With this study, it was aimed to develop a vision for the field experts, as well as the directors, art directors, producers and effects experts, who are practically involved in the film industry, to analyze and develop the processes of motion capture technology in film productions; It is aimed to present an exemplary study for future studies. In this way, it will be possible to present the trajectory of the developments in the field in the historical process.

Key Words: Motion Capture, Technology, Animation, Effect, Cinema.

1. GİRİŞ

Yaklaşık 35 bin yıl öncenin mağara duvarlarına çizilmiş hayvan resimlerinin bazılarında -hayvanı hareketli göstermek için- birden fazla bacak bulunmaktadır. (Azema ve Rivere, 2021: 318) Çocukluk dönemlerinde defterlerin kenar boşluklarına çizilen canlı ve cansız nesnelerin resimler, defterin yaprakları hızlıca çevrildiğinde adeta hareket ediyormuş yanılması ortaya çıkarmaktaydı. Buna benzer tüm aktiviteler, insanoğlunun çizimlerinde hareket yakalama istekliliği ve çabasını ortaya koymaktadır. Bunun temel nedeni de hayatın hareket halinde olmasıdır.

Çizimlerin ve hareketsiz nesnelerin sinemaya aktarımını sağlayan animasyon (*animation*) teknolojisi, uzun yıllara dayanan teknik ve yöntemlerin geliştirilmesinin tarihini sunar niteliktedir. “19. yüzyılın sonuna gelindiğinde hareketli görüntü oluşturma üzerine yapılan çalışmalar bir başka boyuta taşınmış ve 1892 yılında Emile Reynaud’un Optik Tiyatro’yu icadıyla Animasyon Sanatı gerçek anlamda ortaya çıkmıştır” (Kalyoncu ve Aslanyürek, 2016: 200). Sinema terminolojisinde animasyon, bir sekansta hareket illüzyonu yaratmak için ardışık çizimleri, modelleri ve hatta kuklaları fotoğraflama yöntemini ifade etmektedir. İnsan gözünün bir görüntüyü görme kapasitesi -yalnızca saniyenin 1/10’u kadar- ile ilgili olarak, birden fazla görüntünün arka arkaya hızlı bir şekilde görüntülenmesi sonucunda beynin bunları tek bir hareketli görüntü olarak harmanlaması sürecine dayanmaktadır.

Bilgisayar teknolojisinin gelişimi ve sivil yaşamda yaygınlık kazanmaya başlamasıyla birlikte tüm sektörlerde hakimiyet kazanan dijitalleşme, mürekkep ve kağıdın kullanıldığı geleneksel animasyon tekniklerinden sonra bilgisayar destekli üç boyutlu tasarımların yapılabilmesini mümkün kılmıştır.

Yeni dijital teknolojiler, film yapımcılarına ve onların prodüksiyon ekiplerine gerçek zamanlı, etkileşimli ortamlar ve iş akışları sağlayarak, film planlama ve yaratma biçimlerini etkilemektedir. Yapımcılar, en yeni üç boyutlu yazılımlar ile oyun ve hareket yakalama teknolojisini kullanarak yaratıcı fikirlerini yeni, sezgisel, görsel yollar ile keşfedilebilir, tanımlanabilir, planlanabilir ve iletilebilir hale dönüştürebilmektedir. Hareket yakalama, bir sanatçının hareketinin eklemlerde bulunan belirli işaretlerin, sanatçının vücudunun diğer referans noktalarının izlenmesi sonucu yakalanmasına izin veren bir tekniktir. Bu teknik en çok hiper gerçekçi animasyon elde etmek için kullanılmakta ve bu şekilde üç boyutlu tasarımın, gerçek hayattaki harekete olabildiğince yakın hareket etmesi sağlanmaktadır. Bu nedenle, daha az gerçekçi veya çizgi film benzeri bir animasyon stili amaçlandığında genellikle hareket yakalama kullanılmamaktadır.

Hareket yakalama (motion capture) hızla gelişen bir teknolojidir ve geçmişini yeniliklerle/icatlarla doludur. Bu çalışma, hareket yakalama teknolojilerinin önemli gelişmelerine yoğunlaşmış bir genel bakış niteliğindedir. Çalışmada, insanların eğlence veya tıbbi amaç için videolardan hareketleri izlemeye başladığı andan başlayarak modern teknolojiye kadar geçirdikleri zorlukları teknik düzeyde açıklamaya çalışılmaktadır. Hareket yakalama teknolojisini ayrıntılı olarak ele alan bu çalışma, alana henüz aşına olmayanlara ve alana ilgi duyan tarihsel sürece ve gelişmelere ilişkin aktarımda bulunmak amacını taşımaktadır. Hareket yakalamanın ne olduğu, ilk adımları ve kökeni ile terminolojisi üzerinde durmak, günümüz teknolojisini çözümlmek açısından önem taşımaktadır. 1900'lerde "rotoskop" olarak adlandırılan teknikle elle çizilmiş ilk uygulamalarından günümüze kadar geçirmiş olduğu hızlı gelişim, farklı hareket yakalama türlerinin bir arada sunumu ve özellikle eğlence sektöründe kullanımları çekici örnekler sunmayı sağlamaktadır. Çalışma, hareket yakalama tarihinin diğer önemli bölümleri, sadece donanımın ve yazılımın nasıl geliştirildiği değil, aynı zamanda günümüz dünyasında film ve video oyunları biçiminde nasıl sıradan hale geldiğini de yansıtmaktadır. Hareket yakalama tekniğinin, akademi ve tıp alanı için birçok yönden geliştirilmesine rağmen, bu teknolojiyi gün yüzüne çıkaran ve onu daha yaygın bir yer olarak duyurmanın eğlence endüstrisi olmasıdır. Sinema başta olmak üzere özellikle reklamcılık sektöründe de kullanım alanı bulabilmektedir. Tüketim kültürünün dijitalleşme ekseninde küresel ölçekli benzeşmesi, görüntünün teknoloji aracılığıyla sunumunun artan ve dönüşen yüzüne işaret etmektedir (Özmen, 2020: 328).

Çalışmada hareket yakalama tekniğinin gelişiminin yanı sıra uygulamalarının da analizi yoluna gidilmiş; hareket yakalama teknolojisine yoğun olarak başvuru olan *Maymunlar Cehennemi* serisinin son filmi olan *'Maymunlar Cehennemi Savaş'* filmi amaçlı örneklem yöntemine göre oluşturulmuş değerlendirme grubu içerisinde seçilmiş ve hareket yakalama tekniğini çözümleme amaçlı incelenmiştir. Bu teknik inceleme, sinema sektörü ve film yapımcılığında rol alan yönetmenlere, prodüksiyon tasarımcılarına, sanat yönetmenlerine, efekt süpervizörlerine, görüntü yönetmenlerine ve film profesyonellerine film yapımı için Sanal Prodüksiyon süreçlerini teorik ve uygulamaları bağlamında çözümlmeleri konusunda açılım sağlayacağı düşünülmektedir. Bu konuda uzmanlık geliştirilmesi, dijital üretim süreçleri dahil olmak üzere tüm üretim sürecine daha fazla yaratıcı kontrol ve veriye sahip olmayı beraberinde getirecektir.

2. HAREKET YAKALAMA TEKNOLOJİSİNE TARİHSEL BİR BAKIŞ

Görüntünün insan gözünün retinasında kalıcılığı ile takip eden hareketlerin akışının sağlanmasına işaret eden 'stroskopik etki'ye dayanan (Kalyoncu ve Aslanyürek, 2016: 203) animasyon teknolojisi, 1900'lü yılların başlarında ilkel ve kontrol edilemeyecek şekilde sarsıntılı, mekanik araçlar ile eşleştirilmiş çizgi filmlerden oluşmaktaydı. Ortaya çıkarılan bu karikatürler, sinemalarda bir yenilik ya da bir salon numarası gibi gösteriliyordu. Bununla beraber ilkel şekilde üretilmiş ilk karikatürler bile, izleyiciler tarafından ilgi ile karşılanmıştır (Fleischer, 2011: 13-14).

19. yüzyılda İngiliz-İsviçreli fizikçi Peter Mark Roget, görmenin kalıcılığını, hareket eden nesnelerin yeterince yüksek bir hızla ulaştıklarında hareketsiz kalmalarını bir tür göz kusuru olarak tanımlamıştır. Örneğin bir tavan vantilatörünün yüksek hızda dönerken kaç kolunun olduğu belirlenememektedir. Ancak bunun tersi de olabilmektedir. Tek tek görüntüleri yüksek hızda görmek, hareket yanılsaması yaratmaktadır. Joseph Plateau'nun 'fenakistoskop' icadı da bu temele dayanmaktadır. Dairesel bir disk üzerine yerleştirilmiş ve döndürülmüş bireysel çizimler hareket ediyormuş gibi görünmektedir (Maio, 2020).

20. yüzyılın başlarında, Max Wetheimer ve Hugo Munsterberg gibi Alman teorisyenler, bu sürecin aslında retinanın arkasında gerçekleştiği ve beynin yanılsamanın arkasındaki güç merkezi olduğu sonucuna varmışlardır. Göz renk, ışık, derinlik, biçim ve hareket gibi birçok farklı veriler almaktadır. Tüm bu veriler beynin farklı bölgelerine gönderilmekte ve algıyı etkilemektedir. İnsana bu tür fenomenlere tanık olma yeteneğini veren, beynin farklı yolları ve alanları arasındaki bu tutarlı akış ve iletişimidir (Maio, 2020).

1906'da Amerikalı mucit Thomas Edison'un yardımı ile Amerikan gazetesi karikatüristi James Stuart Blacton'un, ilk çizgi filmi olan Humorous Phases Faces'i (*Komik Yüzlerin Mizahi Evreleri*) gösterime girmiştir (Bakınız Görsel 1). Çizgi filmde, kara tahta üzerinde, bir şapka ile oynayan palyaço ve çemberden atlayan bir köpek de dahil olmak üzere, elle çizilmiş karakterler bulunmaktaydı. Hareket ettirip durdurma tekniği kullanılan filmde, çizimler kendi başlarına tamamlanıyor ve sonra hareket eden çizimler gibi görünmekteydi. Bu teknik izleyiciler tarafından komik bulunmuş ve ilgi ile karşılanmıştır (Williams, 2001: 15).



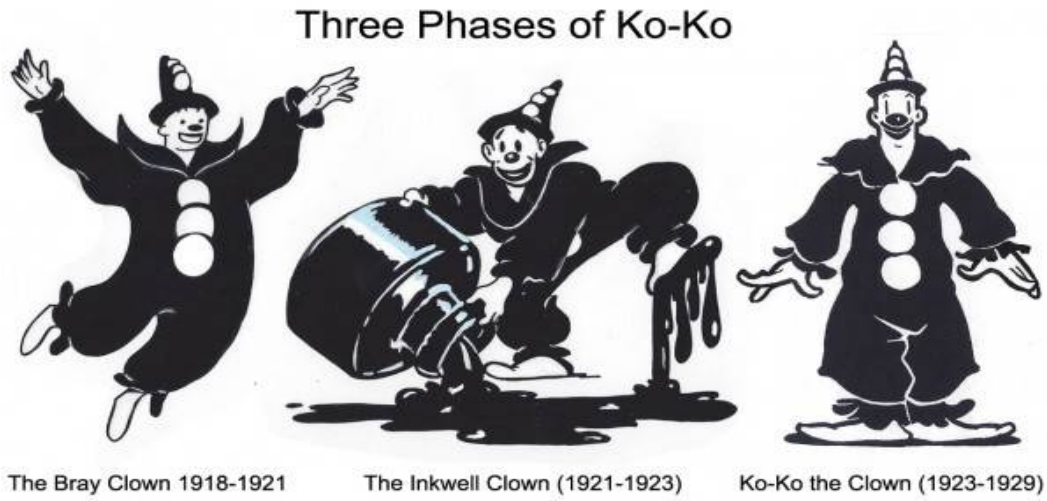
Görsel 1: Humorous Phases Faces

Kaynak: imdb.com, 2021.

Cohl, 1908 yılında, basit çubuk figür karakterlerini arka planlar üzerinde canlandırıldığı Fantasmagorie'yi ortaya çıkartır. Amerikalı bir karikatürist ve ilk animatör olan Windsor McCay, çizgi romanından uyarlanan ilk animasyon filmi Little Nemo'yu (Küçük Nemo) 1911'de yayınlar (Williams, 2001: 16). 1910'lu yılların başlarında, karikatürler genellikle zayıf bir şekilde canlandırılmakta ve filme alınmış bir çizgi roman şeridini andıran diyalog balonlarının kullanımıyla ekrana getirilmiştir. Bunun nedeni, ilk karikatüristlerin gazeteci kökenli oluşundan kaynaklanmaktadır. İzleyiciler daha sonraları bu şekilde oluşturulan filmlerden sıkılmaya başlarken, bazı karikatüristler eserlerini iyileştirme çabasına girmiştir. Bir gazete karikatüristi olan Gregory LaCava, William Hearst'ın çizgi film stüdyosunun

sorumluluğunu üstlenir ve ortalama çizim sayısını saniyede üçten altıya, daha sonra saniyede on altı kareye çıkarmayı başarmıştır. Bunun sonucunda animasyonun kalitesi gittikçe iyileşmeye başlamıştır. Ayrıca farklı karakterler yaratarak daha yumuşak hareketler için çalışır. Tasarımlarında daha fazla eğri olan ve doğal olmayan açısız hareketlerden kaçınmaya çalışarak, yapılarının kalitesini gittikçe iyileştirmiştir. Daha akıcı bir animasyon hikayesi için, hem fazla sayıda çizim, hem de kenar eğrileri fazla olan karakterler yaratmaya çalışmıştır (Barrier, 1999: 18-19). Çoğu canlı doğada, dairesel ve yay şeklinde hareket etmektedir (Johnston ve Thomas, 1981: 62), dikey formlara sahip hareketler katı ve mekanik görüneceği için, bu çizimlerden kaçınmak, animasyonun daha doğal görünmesini sağlamaktadır.

Animasyon tarihinin en önemli animatör/mucitlerinden biri olan Max Fleischer, filmlere, özellikle de ilk çizgi filmlere büyük bir hayranlık duymuştur. Fleischer, bir sanatçı olmanın yanı sıra, makineler ile de ilgilenmiştir. Bu yüzden eski, mekanik görünen çizgi filmleri daha gerçekçi ve iyi görünen bir yapıya dönüştürmek için yeni bir yol bulur. Bu araştırmaların sonucunda rotoskop¹ doğmuştur. (Fleischer, 2011: 15). 1913 ile 1937 yılları arasında beş yüzün üzerinde çizgi film yayınlayan Amerikalı animasyon sanatçısı ve Bray prodüksiyonlarının kurucusu JR Brazy, daha hızlı animasyon film üretimine izin veren bir süreç icat etmiştir. Süreç, sanatçıların hareketli arka plandan ayrı olarak çizimlerine olanak tanıyan net selüloit tabakların kullanımını içermekte ve böylece gerekli sayıda çizimi yarı yarıya azaltmaktadır. 1916'da Bray ile sözleşme imzalayan Fleischer, Paramount Pictograph serisinin bir parçası olarak yeni icadı olan rotoskop ile Ko-Ko the Clown (Ko-Ko Palyaço) kısa film serisini üretmeyi başarmıştır (Bakınız Görsel 2) (Fleischer, 2011: 25-26).



Görsel 2: Ko-Ko the Clown
Kaynak: Raypointer, 2014.

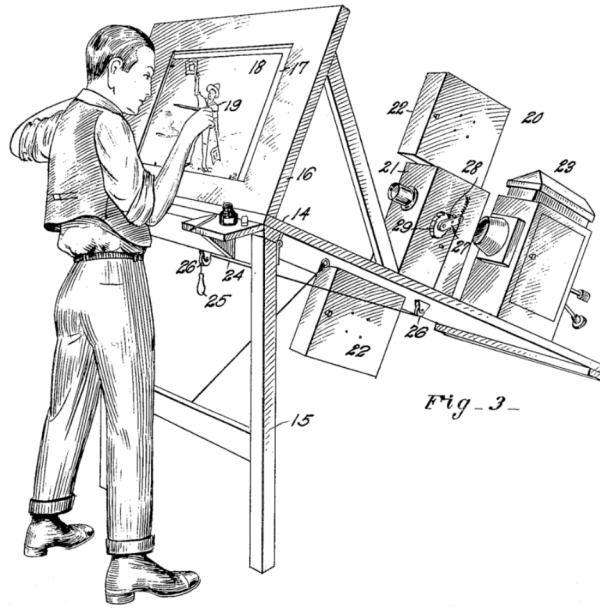
Fleischer Stüdyoları 1924 yılında zıplayan topu geliştirmiştir; bu top, bir şarkı söyleme filmindeki, şarkı sözlerinin üzerinde zıplayan bir toptan oluşmaktadır. Sing-a-long filmi o zamanlar bir yenilik değildi, ancak Fleischer'in icadı, durağan görüntülerden oluşan bir slayt

¹ Canlı aksiyon çekimlerini kare kare izleyerek animasyon üretme tekniğine dayanan *rotoskop*, ilkel ve zaman alan bir süreçtir; ancak endüstri için gerekli bir başlangıç noktasıdır. Rotoskop yönteminde, animatörler camlı kaplı bir masada durmaktadırlar ve aktörlerin/hayvanların eylemlerini doğrudan elle çizilmiş bir dünyaya kopyalayarak, yansıtılan canlı bir aksiyon filmi kare kare izlemektedirler. Teknik, animatörlerin kendi başlarına gerçekleştiremeyecekleri akıcı ve gerçekçi hareketleri üretmektedirler (Conditt, 2018).

gösterisine alışkın olan halk için daha ilginç bir deneyime dönüşmüştür. Zıplayan topun yanı sıra, müziğin sözlerini bir şekilde gösteren karakter oyuncularını canlandırmıştır. Zıplayan top, Song Car-Tunes adlı başarılı ve uzun süreli çizgi film serisini doğurmuştur. Fleischer ve DeForest daha sonraları My Old Kentucky Home adlı ilk senkronize sesli çizgi filme imza atmayı başarmışlardır (Maltin, 1987: 91-93). 1928 yılında ise, Walt Disney senkronize sesli çizgi filmi, Steamboat Willie'yi yayınlanmıştır. Bu sürüm ve sonraki başarısının da tüm bu büyük stüdyoları sesli çizgi film üretimini benimsemeye yönlendirdiği düşünülmektedir (Maltin, 1987: 27).

2.1. İlk Hareket Yakalama Tekniği: Rotoskop

Filmlerden oldukça etkilenen Fleischer, dört kardeşi ve kayınbiraderi ile açık hava sineması açmaya karar vermişlerdir. Bu girişimi onun finansal açıdan çökmesine neden olsa da, Fleischer, elle döndürülen bir projektörü elinde tutmayı başarmış ve kısa süre sonra gerçeğe yakın karikatürler yapmak için mekanik bir yol bulma niyetiyle projektörü ile deneme çalışmalarına başlamıştır (Fleischer, 2011: 14-15). Gerçeğe yakın animasyon elde etmenin en iyi yolunun insan hareketlerini kopyalama olduğunu düşünen Fleischer'ın tekniği; hareket halindeki bir insan filme alınır ve film her seferinde bir kare projelendirilirse, her kare bir kağıt parçası üzerine mürekkeple aktarılırsa, hareketin mükemmel bir kopyasına sahip olacağı şeklindedir. Bunu yapabilmek için, filmi küçük bir cam panelin arkasına yansıtarak animatörün panelin üst tarafına bir sayfa kağıt yerleştirmesine ve hareketin yansıtılan görüntüsünü kullanarak çizimlerini oluşturmasına izin verecek cihazı geliştirmiştir (Bakınız Görsel 3) (Fleischer Studios, 2021).



Görsel 3: Rotoskop Patenti

Kaynak: Mahoney, 2021.

Basit görünse de, henüz kimsenin düşünemediği bu cihaz için aceleyle patent başvurusu yapmış ve icadına rotoskop (rotoscope) adını vermiştir. Geriye sadece icadını inşa etmesi ve işe yaradığını kanıtlaması kalmıştır. Fleischer, yeniden kardeşlerinin yardımını istemiştir. Elektrikçi Joe, tamirci Charlie, müzisyen Lou ve film editörü Dave geceleri kısıtlı zaman ve para ile çalışmışlardır (Fleischer, 2011: 15-17). Kardeşlerinin yardımı ile eski bir projektörü, stop motion kameraya dönüştürmeyi başarmış ve filmin kare kare yansıtılabilmesi için cama bağlı bir ahşap düzenek geliştirmiştir. Dave bir palyaço kıyafeti giymiş ve kameranın kayıt edebilmesi için performans gerçekleştirmiştir. Fleischer daha sonra kamerayı kare kare bir projektöre yeniden yerleştirmiş, cama yansıtılan tüm kareleri mürekkep ile kağıt üzerine

işlemiştir. Projektörü tekrar durdurup, palyaço hareketlerini çizmiş olduğu tüm kağıt parçalarını fotoğraflayıp rotoskopik animasyonu geliştirmiştir. Bu teknik ile genellikle canlı nesnelere veya insanlarla etkileşime giren palyaço Ko-Ko ile animasyon-aksiyon karışımı ürünleri üretmeye devam etmiştir (Barrier, 1999: 23-24). Palyaço serilerini uzun süre ekranda sunmaya devam eden Fleischer Stüdyoları, 1930 yılında Betty Boop ve 1933'te Popeye the Sailor gibi yeni karakterleri hayata geçirmiştir (Malin, 1987: 101-106).

Rotoskopu kullanan ilk uzun metrajlı Amerikan filmi, 1939 yılında gösterime giren *Snow White and the Seven Dwarfs* 'tır (Pamuk Prenses ve Yedi Cüceler). Walt Disney bu tekniği Alice Harikalar Diyarında, Uyuyan Güzel ve Peter Pan gibi sonraki filmlerde de kullanmıştır. Gerçek MoCap (Motion Capture) sistemleri hala onlarca yıl uzakta olsa da, rotoskop tam olarak alanın ihtiyaç duyduğu kavramın kanıtı olarak ortaya çıkmaktadır. Gerçek insanların eylemlerini animasyonlu alanlarda olabildiğince yakından taklit edebilmektedir (Conditt, 2018).

Yirmi yıl sonra Soğuk Savaş döneminde Sovyetler Birliği ile Amerika Birleşik Devletleri aya gitme yarışına girmiştir. Bu dönemde animatör Lee Harrison, analog devreler ve katot ışın tüpleri ile deneyler yapmaktadır. 1959'da Harrison, potansiyometrelerle (ayarlanabilir dirençler) donatılmış bir elbiseyi oyuncuya giydirmiş ve oyuncunun tüm hareketlerini bir ekran yardımı ile gerçek zamanlı olarak kaydetmeyi başarmıştır. Bu ilkel bir teçhizatı ancak gerçek zamanlı hareket yakalamanın ilk örneğidir (Conditt, 2018). 1980'lere gelindiğinde animatörler, oyuncuların hareketlerini izlemek için aktif işaretçilerle kaplı vücut giysileri ve avuç büyüklüğünde kameralar kullanmışlardır. Bu teknolojiler Harrison'un radyoaktif çizgi filmlerinden çok daha kaliteli ve ayrıntılı dijital görüntü elde edilmesini sağlamaktadır.

3. HAREKET YAKALAMA TEKNİĞİ

Üç boyutlu karakter animasyonunun gerçekleştirilmesi sadece bilgisayar üretimi olmadığından, estetik açıdan çekici olması da ifadelerinin anlaşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Hareketin güzelliğini ve akıcılığını sanal karaktere aktarabilmek için 3D sanatçıların iyi bir animasyon bilgisi ve anlayışına sahip olmaları esastır. Teknolojinin evrimi ayrıca bilgisayar animasyonunu animatörler için daha kolay ve erişilebilir hale getirmektedir. Hareket yakalama (motion capture) teknolojisinin entegrasyonu, endüstride en çarpıcı uygulamalardandır. Hareket yakalama, nesnelere veya insanların hareketlerini kaydetme işidir. Askeri, tıbbi uygulamalarda, spor oyun ve film yapımlarında sıklıkla kullanılmaktadır. İnsan aktörlerin canlı eylemlerini kaydederek, hareket verileri sanal karakterlere uygulanabilmektedir (Dent, 2014).

Hareket yakalamanın gücü, ince ifadeleri, yüz hareketlerini kaydedebilmektir. Yüz ifadeleri ve parmak hareketleri gibi hareketler kaydedilebilir ve bu genellikle performans yakalama olarak adlandırılmaktadır (Delbridge, 2016). Hareket yakalama verilerinin üç boyutlu sanal karaktere aktarılması, aslında canlı aksiyon görüntülerini kare kare izleyerek, oyuncunun hareketlerini yeniden üretebilen geleneksel rotoskop tekniğine benzemektedir. Benzer fikir, Eadweard Muybridge'in bir dizi insan veya hayvan hareketlerinin fotoğraflarını çektiği çalışmada da karşımıza çıkmaktadır. Başka bir deyişle, hareket yakalama ve rotoskop, hareket yaratmak için basit bir yöntem veya tekniktir. Aralarında ki tek fark teknolojidir.

Ancak filmdeki hareket gerçek olmasına rağmen, animasyonlu abartının filmi sahte göstermesine neden olduğu da belirtilmiştir. Gerçek insan hareketi akıcı ve doğal olduğundan, oyuncu bilinçli olarak geleneksel animasyon gibi iyi bir performans göstermiyorsa, hareket yakalama sonucu donuk ve düz görünecektir (Bakınız Görsel 4).



Görsel 4: The Polar Express MoCap
Kaynak: Farinholt, 2019.

Günümüzde, filmde hareket yakalama kullanımı yapımlarda gittikçe daha sık hale gelmiştir. Bununla birlikte, erken gelişim aşamasında, bu teknik övgü almaktan çok eleştiri almıştır (Freedman, 2021). Hareket yakalama tekniğinin öncü çalışması Robert Zemeckis'in "The Polar Express" filmidir. Bu film, oyuncuların tam olarak çekilmiş yüz ve vücut hareketlerini kullanmıştır. Konu bir romana dayanmakta ve genellikle olumlu eleştiriler almıştır.

Hareket yakalama teknolojisinin gelişmesiyle birlikte daha fazla animasyon filmi ve uzun metrajlı film yapımlarında kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, Robert Zemeckis'in animasyon filmi 'Monster House' (2006), Akademi Ödülü, Annie Ödülü ve diğer ödüllere aday gösterilmiştir. Avatar filminin yönetmeni James Cameron, yapımda bilgisayar tarafından üretilen fotogerçekçi karakterleri görüntüleyen, tüm vücut ve yüz hareketi yakalama tekniği kullanmıştır.

Hareket yakalama tekniğini kullanan filmlerinin sayısının artması, sadece teknolojinin gelişmesi ile alakalı değil, aynı zamanda performans yeteneğinin de gelişmesi ile alakalıdır. En ünlü harekete yakalama karakteri, Yüzüklerin Efendisi filminde Smeagol olarak bilinen Gollum karakteridir. Andy Serkis, animasyon karakterlerini gerçek insan dokunuşuyla ifade eden Gollum'u canlandırmıştır. Oyuncunun fiziksel hareketleri ve iç kişilikleri izleyici çekmektedir (Serkis, 2003).

Dijital karakter Gollum örneğinden, hareket yakalamının insan hareketlerinin bir kopyası olmasına rağmen, oyuncu iç kişiliğini ve ince duyguları canlandırabilmesi, ana animasyon karakterinin de iyi olmasını sağlayacaktır. Bu nedenle, oyunculuk aslında nihai sonucu etkileyecek anahtar etkidir. Hareket yakalama oyuncuları ekranda gösterilmemesine rağmen oyunculuklarını sergilemekte ve böylece yaptıkları işin somutlaştırılmış hali

gösterilmektedir (Bakınız Görsel 5). Bu konsept, animatörlerin perde arkasındaki aktör olduğu animasyon yapımı ile aynıdır (Pixar, 2021).



Görsel 5: Yüzüklerin Efendisi, Gollum Karakteri MoCap

Kaynak: Wissel&Keil, 2021.

Sadece eğlence endüstrisi için değil tıp, spor vb. alanlarda da kullanılan hareket yakalama tekniği, öğrenmeye ve öğretmeye yardımcı olmak için eğitime de entegre edilebilir. İstenilen hareketleri ve duyguları gerçekten gerçekleştirerek, öğrenciler hareket sonuçlarını gerçek zamanlı olarak dijital karakterlerle gözlemleyerek oyunculuklarını daha da geliştirme şansını yakalayabileceklerdir. Örneğin, Üsküdar Amerikan Lisesi'nde hareket yakalama laboratuvarı kurulmuş ve öğrenciler bilişim teknoloji derslerinde animasyon, dijital hikaye yazarlığı, beden eğitimi alanında sporcuların hareket analizleri ve fizik laboratuvar deneylerinde bu teknolojiyi kullanabilme imkanı yakalamışlardır (Üsküdar Amerikan Lisesi, 2021).

3.1. Hareket Yakalama (Motion Capture) Uygulama Teknikleri

Hareket yakalamada başlıca iki yöntem vardır. Bunlar işaretleyici tabanlı hareket yakalama ve işaretleyici tabanlı olmayan yöntemlerdir.

- (i) **İşaretleyici Tabanlı Hareket Yakalama Tekniği:** Bu teknikte oyuncunun üzerine çeşitli tipte işaretleyiciler veya sensörler yerleştirilmekte ve aktörün hareketleri ile aktiviteleri kaydedilmektedir. İşaretleyici tabanlı hareket yakalamanın bazı popüler yöntemleri mevcuttur.

- a. **Akustik Sistem (Acoustical Sytem):** Bu sistemde, oyuncunun ana eklemlerine bir dizi ses vericisi yerleştirilirken, üç adet alıcı da yakalama alanına yerleştirilmektedir. Vericiler daha sonra sırasıyla etkinleştirilir, alıcıların topladığı ve üç boyutlu uzayda vericilerin konumlarını hesaplamak için kullandığı karakteristik bir frekans dizisi üretmektedirler. Her bir vericinin konumunun hesaplanması şu şekildedir: verici tarafından gürültünün yayılması ile bunun alıcılar tarafından alınması ve ortamdaki sesin hareket hızı arasındaki zaman aralığı veri olarak gürültünün kat ettiği mesafenin hesaplanmasıdır. Teknik, her birinin üç boyutlu konumunu belirlemek için verici ve alıcıların arasındaki mesafelerin oluşturduğu üçgen alanın hesaplanmasına dayanmaktadır (Gabai ve Primo, 2008). Bu tekniğin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Verilerin belirli bir anda doğru bir tanımını elde etmenin zorluğu ve kabloların aktöre bağlı olmasından dolayı hareket özgürlüğünün kısıtlı olmasıdır. Ayrıca kullanılacak verici miktarının sınırlı olması da animasyonun kalitesini etkilemektedir.

- b. Mekanik Sistem (Mechanical System):** Mekanik izleme sistemleri tipik olarak, bükme sensörleri veya potansiyometreler kullanılarak mekanik parçalar arasındaki açılar veya uzunlukları ölçen bazı mekanik yapılara dayanmaktadır. Bu sistemler, tüm vücut veya eldeki eklem açılarının bir modelini elde etmek için idealdir. Gelişmiş bir teknik olmamasına rağmen, mekanik hareket yakalama sistemlerinin bazı avantajları vardır. Film endüstrisinde çok popüler olan ve kullanılan stop-motion sistemlerine benzer bir arayüze sahiptirler. Böylece iki teknoloji arasında kolay bir geçişe izin vermektedirler. Son olarak manyetik alanlardan gelen yansımalarından etkilenmemeleri, uzun bir yeniden kalibrasyon sürecine ihtiyaç duymamaları da tekniğin kolay ve üretken bir hal almasını sağlamaktadır.
- c. Manyetik Sistem (Magnetic System):** Oyuncuların eklemlerine yerleştirilen bir dizi alıcıyı kullanarak eklemlerin bir antene göre konumunu ve yönünü ölçmek mümkündür. Manyetik sistemler, diğer hareket yakalama sistemlerine kıyasla pahalı değildir. Veri toplama ve işleme için kullanılan iş istasyonu da ucuzdur ve verilerin hassasiyeti oldukça yüksektir. Saniyede yüz kare tipik örnekleme hızı ile manyetik sistemler, basit hareket yakalama için mükemmeldir. Bu sistemlerin dezavantajları ise, antene bağlı çok sayıda kablo vardır ve aktörün serbest hareket etmesini engellemektedir. Manyetik alanda çeşitli metal nesnelerin ve yapıların neden olduğu parazit sinyaller, tekniğin kullanılmasını zorlaştırmaktadır (Dickholtz, 2009).
- d. Optik Sistem (Optical System):** Bu sistemlerde oyuncular, ana eklemlerine yerleştirilmiş reflektörlerle kaplı, özel olarak tasarlanmış bir elbise giymektedir. Ardından, oyuncunun hareketi sırasında bu reflektörleri takip etmek için yüksek çözünürlüklü kameralar stratejik olarak yerleştirilmektedir. Her kamera, bir bölümlenme adımıyla elde edilen her reflektör için iki boyutlu koordinatlar oluşturmaktadır. Tescilli yazılım daha sonra reflektörlerin üç boyutlu koordinatlarını hesaplamak için tüm kameralar tarafından elde edilmiş verileri analiz etmektedir. Yüksek çözünürlüklü kameralar ve gelişmiş tescilli yazılımlar kullandıkları için sektördeki en pahalı olan sistemlerdir. Bu sistemlerin en büyük avantajı dövüş sanatları, akrobasi ve jimnastik gibi hızlı hareketlerin yakalanmasını sağlayan yüksek kare hızlarını kaydedebilme özelliğine sahip olmasıdır. Diğer bir avantajı ise, diğer sistemlerde olduğu gibi kabloların olmayışıdır. Bu da oyuncuya özgür bir hareket alanı yaratmaktadır. Reflektörler oyuncu üzerinde hiçbir kısıtlama veya ağırlık yapmamaktadır (Dickholtz, 2009).
- (ii) İşaretleyici Tabanlı Olmayan Hareket Yakalama Tekniği:** Teknolojinin gelişimi ile birlikte bilgisayarların veri analiz ve görme yeteneklerinde sürekli bir ilerleme olmuştur; bu da işaretleyici tabanlı olmayan hareket yakalama tekniklerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sistemler, oyuncuların hareketlerini izlemek için özel ekipman gerektirmemektedir. Oyuncuların hareketleri birden fazla video kamera ile kaydedilmekte ve bilgisayar görme/izleme algoritmaları bu verileri analiz ederek insan formlarını tespit etmektedir. Hareket yakalama işlemi kısıtlama getiren tüm fiziksel sınırları ortadan kaldırarak tamamen yazılımlar aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Böyle bir sistemin örneği olarak Microsoft firmasının çıkardığı 'Kinect' izleme kamerası gösterilebilir. İşaretleyici kullanan ve kullanmayan sistemler arasında ayırım yapmak yararlı olabilmektedir. İşaretçi kullanmayan sistemler, kameranın görüş alanında mevcut olanın –örneğin insanı veya nesneyi- hareketlerini tümüyle kaydetmektedir. İzleme alanı içerisinde tespit edilen lekeler boyut, ağırlık merkezi, ana eksen vb. açısından ölçülebilmekte

ve bu ölçümlerden elde edilmiş veriler, insan vücudu gibi önceden hazırlanmış üç boyutlu modellerle yeniden eşleştirilebilmektedir (Chu, Jenkins & Matarie, 2003: 475-482).

Hareket yakalama teknikleri, önceleri biyomekanik araştırmalarda bir analiz aracı olarak kullanılmıştır. Günümüzde teknolojinin de ilerlemesi ile askeri, tıp, eğitim-öğretim, spor ve son zamanlarda hem sinema hem de video oyunları için hareket verisi kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hareket yakalama film yapımlarında yaygın olarak kullanılan bir teknik haline almıştır. Filmlerde yaratıkları ve savaş sahnelerini canlandırmak için oyuncuların hareketleri, yazılımlar tarafından kaydedilmek için kullanılmaktadır. Film endüstrisi için yazılım aracılığı ile oluşturulan bu animasyonlar, inandırıcı bir savaş ya da diyalog sahneleri için vazgeçilmez bir teknik konumuna gelmiştir.

4. HAREKET YAKALAMA TEKNİĞİ ÜZERİNDEN MAYMUNLAR CEHENNEMİ SAVAş FİLMİ ANALİZİ

Maymunlar Cehennemi Savaş (*War for the Planet of the Apes*), Matt Reeves'in yönettiği Amerikan bilimkurgu filmidir. 2014 yapımı olan *Maymunlar Cehennemi Şafak Vakti* filminin devamı ve serinin üçüncü filmidir. Üçlemenin ilk filmi *Rise of the Planet of the Apes*, kısmen hareket yakalama teknolojisindeki bir atılımla mümkün kılınan gerçekçi karakterlerle kısmen izleyicileri büyülemiştir. Andy Serkis, şu anda meşhur olan MoCap takımını, tamamen siyah ve ping pong topları gibi görünen şeylerle kaplı olarak giymiş ve ilk modifiye edilmiş akıllı maymun Sezar'ın hareketlerini canlandırmıştır (Bakınız Görsel 6).



Görsel 6: MoCap Giysisi İçerisindeki Oyuncu ve MoCap Uygulanmış Maymun Görüntüsü
Kaynak: Wong, 2017.

Hareket yakalama, karakter canlandırmasının sadece başlangıcıdır. Esas önemli olan şey, oyuncuların sergilemiş olduğu performansların alınıp yorumlanması ve hem vücut hem de yüz karakterlerine çevrilmesidir. Bu noktada oyuncu ne kadar iyi performans gerçekleştirirse, ekranda görünen karakterde o kadar gerçekçi görünecektir. WETA şirketi serinin ilk filminden bu zamana kadar yenilikler yapmaya devam etmiş ve söz konusu teknolojide dev adımlar atmıştır. Maymunların olabildiğince gerçekçi görünebilmesini sağlamak için gerekli

sanatçılığın yanı sıra, hikaye yönetmeni Matt Reeves'in setini anlatmak için de bazı değişiklikler yapmıştır (Zakarın, 2021).

Hikaye sunumunun çok önemli olduğu ve oyuncuların protezler ile hareket yakalama teçhizatı takarken bile ilgi çekici sahneler sunmak için çok çalışılması gerekmektedir. Çoğunlukla insan karakterleri oynayan aktörler sadece standart makyajla uğraşmak zorundalardır ancak; maymunları canlandırmak için hem hareket yakalama makyajı hem de üzerlerine yerleştirilen teçhizatlarla da uğraşmak zorunda kalmışlardır.

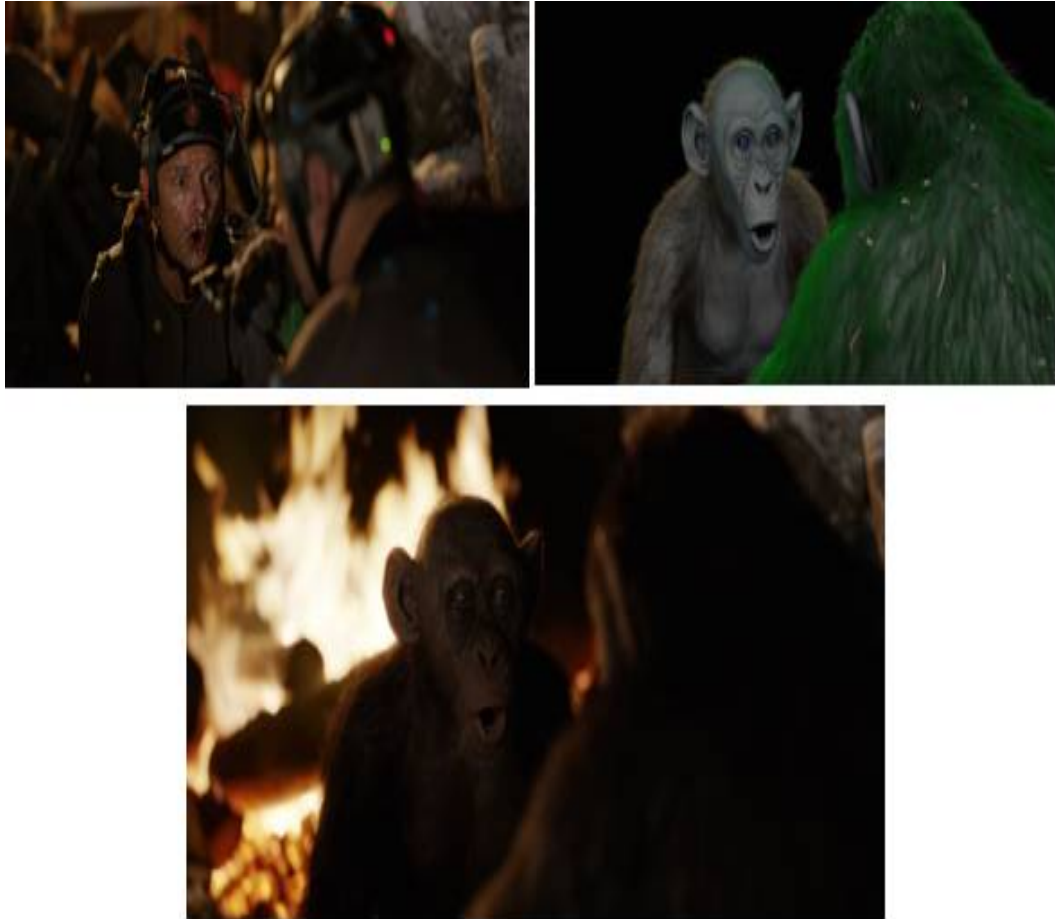


Görsel 7: MoCap Giysisi ve Protezler
Kaynak: Wong, 2017.

Protezler, vücut yapıları insanlardan biraz farklı olan maymunların hareketlerini taklit etmeye yardımcı olabilmeleri kullanmıştır (Görsel 7). Kaba iskelet hareketlerinin yakalanması amacıyla, giyilen hareket yakalama giysisi üzerine bazı vericiler de yerleştirilmiştir. Ekstra yük ile çalışmak oldukça güç olmasına karşın, daha az güce ihtiyaç duyulan daha yeni elektronik cihazlar bu olumsuzluğu büyük ölçüde ortadan kaldırmıştır (Wong, 2017). Protezler, oyuncuların daha doğal görünümlü hareketler oluşturmasına izin vererek, hareket yakalama gerçekliğini geliştirmektedir (Bakınız Görsel 7).



Görsel 8: Artan Karakter Sayısı ve Alıcıların Konumlandırılması
Kaynak: Hogg, 2017.



Görsel 9: Yüz Hareket Yakalayıcıları
Kaynak: Hogg, 2017.

Oyuncular tarafından takılan aktif vericiler, kameralar tarafından yakalanan şifreli sinyalleri göndermek için kızılötesi LED'leri kullanmıştır. Her verici tanımlanabilir ve yazılımın istenen sanal deriyi düzgün bir şekilde haritalamasına izin verecek şekilde kaydedilmesinden sonra, elde edilen oyuncu hareket verileri son videodaki maymun görüntüsü

ile eşlenmektedir. Filmin karşılaştığı en büyük zorluklardan biri de sahnede artan maymun sayısı olmuştur –serinin ilk filminden üç katı kadar fazla (Bakınız Görsel 8). Bu bilgisayarların çok fazla işlem yapmasına neden olduğundan, yapım süreleri artmıştır. Bu noktada teknoloji yönetmenin yardımına yetişmiş, istediği şeyleri elde etmek için kolaylık sağlamıştır. İşlem gücü kolaylığı ve yazılımın yanı sıra sensörlerin de doğru bir şekilde çalışması, yapımın kalitesini arttırmaktadır.

Artan kamera çözünürlükleri, küçülen kamera boyutları ve pil ömürlerinin uzun sürmesi hareket algılamalara büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, boom çubuğu ve kamera, oyuncuların nesnelere ve diğer oyunculara ne kadar yaklaşabileceklerini konusunda uyarılar vererek, gerekli mesafe sağlanmaktadır (Bakınız Görsel 9). Bu durum, yüz kamerasının kaldırılması ve özel efekt sanatçılarının daha fazla manuel düzenleme yapmasına olanak sağlamaktadır.

SONUÇ

Günümüz dünyası görüntü ve görsel imgeleme ve imajlarla çepeçevre yaşam pratikleri sunmaktadır. Birey, 21. Yüzyılın dijitalleşen çehresinin görüngülerinin adeta tutsağı haline gelmiş görünmektedir. “Sayısal teknolojinin açığa çıkardığı uygulamalar sayesinde ‘artırılmış’ gerçekliklerin tutsağı olan birey, ‘sanal’ ve ‘yapay’ olanın gerçekliğini sorgulamaksızın kabul eder bir zihinsel sürece rahatlıkla girebilir hale gelmiştir” (Öcal, 2020: 1). Yapaylık ve sanallığın insan zihninde kabul görür olması, görüntü kurgulama ve sunma teknolojilerinde yaşanan dönüşümün bir uzantısı ve yansımasıdır. Özellikle sinema sektörü bu eylemselliği başarıyla yürütmektedir.

Animasyon üreticileri, türün doğuşundan bu yana karakterlerini canlı hissettirmek için gerçek ve canlı hareketleri kopyalamaya çalışmaktadırlar. Rotoskopun icadı ile birlikte, canlı hareketi doğru bir şekilde kopyalamak mümkün olmaktadır. Animasyon sanatçıları çok geçmeden, gördüklerini aynen kopyaladıklarında animasyonun tuhaf görüneceğini anlamışlardır. Disney Stüdyoları’ndaki sanatçılar, animasyonu daha etkileyici hale getirmek için orijinal canlı hareketin uyarlanması gerektiğini fark etmişlerdir. Canlı oyuncular ve çizgi film karakterlerini arasındaki vücut oranlarının farklılığı nedeniyle ayarlamalar yapmak zorunda kalmışlardır. Sanatçılar, canlı hareketlerinin her karesinin basitçe kopyalayamayacaklarını bildikleri için, hangilerini kullanacaklarını, hangilerini ön plana çıkaracaklarını ya da hangilerini göz ardı edeceklerinin seçimi konusunda gerekli çalışmaları ve ayarlamaları yapmaları gerektiği üzerinde çalışmışlardır.

Endüstride ‘Şeytanın Rotoskopu’ olarak anılan hareket yakalama, karakterlere hayat vermek ve canlandırmak için sadece farklı bir araçtır. Bu aşamada animatörler güçlü teknolojiden en iyi verimi alabilmeyi amaçlamışlardır. Son zamanlarda beyazperdeye aktarılan filmlere bakıldığında bu verimin gittikçe daha iyiye doğru yol alındığı görülmektedir.

Animasyon tasarımı, her zaman yaratıcılığın önemini vurgulamıştır. Hikaye tasarımı ve karakter tasarımının yapım öncesi aşamasından animasyon tasarımının üretim aşamasına kadar bu tasarım unsurları, animasyonun temel özünü oluşturmaktadır. İlginç bir hikaye, izleyiciyi olay örgüsünün içerisinde sokabilmekte ve anların tüm duygularını yaşatabilmektedir. Aynı şekilde çekici bir karakter tasarımı, karakterin kişiliğini ve özelliklerini ifade edebilmektedir. Yaratıcılık ve gerçeklik, hareketin tasarımı ile ilgili olarak önemli bir noktada bulunmaktadır. Hareketler, bilişsel insan dünyamızdaki gerçekliği ortaya çıkarmalıdır ki izleyici hayali ortamı kabul edebilmelidir. Öte yandan izleyicilerin dikkatini çekebilmek için hareketlerin belirli ‘gerçek dışı’ olduğunu gösterecek şekilde yeniden üretilmesi gerekmektedir. Burada gerçek olmayan hareket kalitesinin aslında hareketin yaratıcılığı olduğunu söyleyebilmekteyiz. Karakterlerin hareketleri, fizik kanunlarını izleyen belirli bir seviyeye gelmelidir ayrıca;

hareketler seyirciyi şaşırtacak veya ilgisini çekecek bazı özellikler gösterilmelidir. Bu nedenle hareket yakalamada ki yaratıcılık, karakter animasyonunda çok önemli bir oynamaktadır.

Hareket yakalama sistemleri basit, oldukça kısıtlayıcı ve kullanıcı dostu olmayan – yazılım açısından- sistemlerden, oldukça gelişmiş ve özelleşmiş sistemlere doğru evrilmiştir. Hareket yakalama sistemleri bir karakteri canlandırmak için çok daha az çalışma saati alabilmesi gibi bazı avantajları vardır. Geleneksel animatörlerin yaratma becerisine, vizyonuna veya zamanına sahip olamayabileceği ikincil animasyonu yakalayabilmektedir. Hareket yakalama tekniklerinin olumsuz tarafı ise, yakalanan verileri işlemek için özel programlar ve yazılımlar gerektirmesidir. Bu yazılımların verileri işlemesi için oldukça fazla zamana ihtiyaç duymaktadır. Eğer veriler yanlış hesaplanmışsa verileri çöpe atıp, sahneyi tekrar kayda almak genellikle daha kolay olmaktadır. Daha yeni, daha düşük maliyetli aktif işaretli optik sistemler, çekimin yeniden yapılması gerekip gerekmediğine karar vermek için verilerin gerçek zamanlı görüntülenmesine sağlamaktadır.

Bir diğer önemli nokta ise, insan modeli canlandıran oyuncu hareketlerinin yakalanması yaygın ve nispeten kolay olmasına rağmen, atlar gibi dört ayaklı hayvanlara hareket yakalama zor olabilmektedir. Hareket yakalama ekipmanı, dijital video kameralar, ışıklar, yazılımlar ve personelin bir hareket yakalama stüdyosunda çalışması oldukça yüksek bütçe gerektirirken, bu teknoloji ile daha iyi yazılım ve teknikler ile ortaya çıkarılan ürünlerin bu olumsuzluğu ortadan kaldıracığı da bilinmektedir.

Bu nedenle, çalışmada hareket yakalama sistemleri anlatıldıktan sonra, bu sistemlerin yararları, getirileri ve uygulama alanları Maymunlar Cehennemi Savaş filmi üzerinden analiz edilmiştir. Analizler sonucu film endüstrisinde kullanılan hareket yakalama sistemlerinin, filme etkisi ve yararları üzerinde durulmuş; karşılaşılan birçok sorunun çözümünde odak noktası olduğu belirtilmiştir. Çeşitli hareket yakalama sistemlerinin temel yöntemleri anlatılmış, avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir. Her sistemin belirli bir senaryoda (ve bütçede) en iyi şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Alan içerisinde bu teknoloji hakkında bilgi verilerek, gelecekte bu konuda çalışma yapmayı düşünen araştırmacılara genel bir bakış açısı sağlamak amaçlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Azema M. ve Rivere, F. (2012). “Animation in Palaeolithic art: a pre-echo of cinema”. s.316-324. içinde *Antiquity* (Ed.) Robert Witcher. UK: Antiquity Publications.
- Barrier, M. (1999). *Hollywood Cartoons: American Animation in its Golden Age*. New York, USA: Oxford University Press.20
- Chu, C. O., Jenkins, C. and Matarie, M. J. (2003). “Markerless Kinematic Model and Motion Capture from Volume Sequences”. *Proceedings of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*. Vol: 2. USA, ss. 475-482.
- Conditt, J. (2018). “100 Years of Motion-Capture Technology”.
<https://www.engadget.com/2018-05-25-motion-capture-history-video-vicon-siren.html>
[Erişim Tarihi: 17.02.2021].
- Delbridge, M. (2016). “Why Motion Capture Performances Deserve an Oscar”.
<https://theconversation.com/why-motion-capture-performances-deserve-an-oscar-67138> [Erişim Tarihi: 14.02.2021].

- Dent, S. (2014). "What You Need to Know About 3D Motion Capture".
<http://www.engadget.com/2014/07/14/motion-capture-explainer/> [Erişim Tarihi: 12.02.2021].
- Dickholtz, L. (2009). "Magnetion Motion Capture Systems". MetaMotion.
<http://www.metamotion.com/motion-capture/magnetic-motioncapture-1.htm>. [Erişim Tarihi: 18.02.2021].
- Farinholt, L. (2019). "The Polar Express and The Era of Motion Capture".
<https://byrdtheatre.org/news/2019/12/the-polar-express-and-the-era-of-motion-capture/> [Erişim Tarihi: 13.03.2021].
- Fleischer Studios. (2021). "100 Years of Rotoscoping!"
<https://www.fleischerstudios.com/roto.html> [Erişim Tarihi: 27.01.2021].
- Fleischer, R. (2011). *Out of the Inkwell: Max Fleisher and the Animation Revolution*.
Lexington, USA: University Press of Kentucky.
- Freedman, Y. (2012). "Is It Real ... or Is It Motion Capture? The Battle to Redefine Animation in the Age of Digital Performance". *The Velvet Light Trap*. 69. s:38-49.
<https://doi.org/10.1353/vlt.2012.0001> [Erişim Tarihi: 11.03.2021].
- Gabai, O. ve Primo, H. (2008). "United States Patent Application". PCT/IL08/01578.
- Hogg, T. (2017). "Hail Caesar! Weta Delivers Digital Mastery for 'War for the Planet of the Apes' ".
<https://www.awn.com/vfxworld/hail-caesar-weta-delivers-digital-mastery-war-planet-apes> [Erişim Tarihi: 11.03.2021].
- Humorous Phases Faces (2021). "Humorous Phases of Funny Faces".
https://m.imdb.com/title/tt0000554/?ref_=m_ttmi_tt [Erişim Tarihi: 13.02.2021].
- IMDb. (2021). https://m.imdb.com/title/tt0000554/?ref_=m_ttmi_tt [Erişim Tarihi: 13.02.2021].
- Kalyoncu, Z. Ö. ve Aslanyürek, M. (2016). "Animasyon Sanatının Farklı Sektörlerde Kullanımı ve Endüstrileşme Süreci". *Yaratıcı Endüstriler Uluslararası Tasarım Sempozyumu. Bildiriler Kitabı*. 01-02 Haziran 2016. (Ed.) Mehmet Emin Kahraman. Yıldız Teknik Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi. İstanbul. s.199-221.
- Mahoney, J. (2021). "Rotoscope Patent Application".
<https://www.scribd.com/document/361214950/Rotoscope-Patent-Application> [Erişim Tarihi: 10.03.2021].
- Maio, A. (2020). "What is Persistence of Vision? Definition of an Optical Phenomenon".
<https://www.studiobinder.com/blog/what-is-persistence-of-vision-definition/>, [Erişim Tarihi: 12.03.2021]
- Maltin, L. (1987). *Of Mice and Magic: A History of American Animated Cartoons*. New York, USA: Plume.
- Öcal, D. (2020). "Reklamcılık: Nereden Nereye...". s.1-41. içinde *Dijital Reklamcılık*. (Ed.) Derya Öcal ve Hıdır Polat. Ankara: Nobel Yayınları.
- Özmen, Ş. Y. (2020). "Dijitalleşen Dünyada Yeşil Kılma Çabaları: Çevreci Reklamlar". s.321-342. içinde *Dijital Reklamcılık*. (Ed.) Derya Öcal ve Hıdır Polat. Ankara: Nobel Yayınları.
- Pixar (2021). *The Science Behind Pixar-Animation*.
<http://sciencebehindpixar.org/pipeline/animation> [Erişim Tarihi: 17.03.2021].

- Raypointer. (2014). "The Search for KOKO the Clown".
<https://www.traditionalanimation.com/2014/the-search-for-koko-the-clown/> [Erişim Tarihi: 01.03.2021].
- Serkis, A. (2003). "*Gollum: How We Made Movie Magic*". Houghton Mifflin.
- Thomas, F. and Johnston, O. (1981). *The Illusion of Life: Disney Animation*. New York, USA: Disney.
- Üsküdar Amerikan Lisesi (2021). "Motion Capture Teknolojisi ÜAL'de".
<https://www.uaa.k12.tr/haber/295/-motion-capture-teknolojisi-ual'de/>, [Erişim Tarihi: 19.02.2021]
- Williams, R. (2001). *The Animator's Survival Kit*. London, UK: Faber and Faber.
- Wissel, K. and Keil, C. (2021). "Visual Effects: The Modern Entertainment Marketplace (2000-Present)". <http://www.tanineallison.com/vfx-modern-marketplace-essay.html> [Erişim Tarihi: 10.02.2021].
- Wong, W. G. (2017). "Go Behind the Scenes With "War for the Planet of the Apes" ".
<https://www.electronicdesign.com/technologies/embedded-revolution/article/21804847/go-behind-the-scenes-with-war-for-the-planet-of-the-apes> [Erişim Tarihi: 11.03.2021].
- Zakarin, J. (2021). "Secrets and Tech Advances Helped the New Apes Look Increasingly Real". <https://www.syfy.com/syfywire/secrets-and-tech-advances-helped-the-new-apes-look-increasingly-real> [Erişim Tarihi: 02.04.2021].