

Atıf Bilgisi: Satıcı, H. (2024). Projeksiyondan led ekrana eş zamanlı arka plan teknolojisinin gelişimi ve film yapımına etkisi. *İNİF E- Dergi*, 9(2), 294-308.

PROJEKSİYONDAN LED EKRANA EŞ ZAMANLI ARKA PLAN TEKNOLOJİSİNİN GELİŞİMİ VE FİLM YAPIMINA ETKİSİ

Dr. Hale SATICI*

DOI: 10.47107/inifedergi.1508298

Araştırma Makalesi**

Başvuru Tarihi: 01.07.2024

Kabul Tarihi: 03.11.2024

Öz

Sinemanın ilk dönemlerinden itibaren, görsel efektler ve arka plan değiştirme tekniklerinin film üretiminde kritik bir rol oynadığını gözlemlenmektedir. Hem canlı aksiyon çekimlerinin yapıldığı anlarda hem de post-produksiyon aşamasında, gerçek görüntülerle birleştirilen efektler ve arka plan düzenlemeleri, sinemanın gelişimine büyük katkıda bulunmuştur. Başlangıçta, fiziksel ortamda çekim yapmanın pratik ve teknik zorlukları göz önüne alındığında, bu tür çekimlerin gerçekleştirilmesi genellikle zor, tehlikeli veya maliyetli olabiliyordu. Sinemanın ilk dönemlerinde, bu zorlukları aşmak ve yaratıcı çözümler geliştirmek adına stüdyo ortamında gerçekleştirilen canlı aksiyon çekimlerinin arka planlarla birleştirilmesi konusunda birçok yenilikçi görsel efekt tekniği geliştirilmiştir. Devasa setler, detaylı dekorlar ve mat resimler gibi yöntemlerle bu sorunlar aşılmaya çalışılmıştır. Zamanla, optik birleştirme tekniklerinin ve en nihayetinde dijital teknolojilerin gelişmesi, hem çekim sırasında hem de post-produksiyon aşamasında mekanların ve arka planların daha kolay ve etkili bir şekilde birleştirilmesine olanak sağlamıştır. Özellikle projeksiyon teknolojisinin ilerlemesi, stüdyo ortamında yapılan canlı aksiyon çekimlerinin arka planlarla eş zamanlı olarak kaydedilmesini mümkün kılmıştır. Bu teknoloji, fiziksel bir mekanın oluşturulmasının zorluklarını ve potansiyel tehlikelerini ortadan kaldırarak, sinemacılara daha yaratıcı ve kontrollü bir çekim süreci sunmuştur. Arka plan oluşturma teknolojileri, fiziksel mekanlarda karşılaşılan zorlukları ve tehlikeleri aşma konusunda önemli avantajlar sağlamış ve hayali mekanların yaratılmasını kolaylaştırmıştır. Bu açıdan çalışmada, canlı aksiyon çekimleriyle eş zamanlı arka planların kaydedilmesini mümkün kılan bu teknolojiler incelenmektedir. Özellikle ön-arka projeksiyon, dijital projeksiyon ve LED ekran yöntemlerinin tarihsel gelişimi ve bu teknolojilerin film yapımında sağladığı avantajlar araştırılarak, sinemanın görsel estetiğine ve üretim süreçlerine olan katkıları ortaya konulmaktadır. Bu araştırma, geçmişten günümüze sinema teknolojilerinin gelişimini anlamak ve bu teknolojilerin sinema üretimindeki rolünü değerlendirmek adına kapsamlı bir inceleme sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Projeksiyon, led ekran, eş zamanlı arka plan, sanal üretim, sinema*

* Bağımsız Araştırmacı, E-mail: halesatici@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3489-4220

** Yazar, makalede araştırma ve yayın etiğine uyulduğuna ve kullanılan fikir ve sanat eserleri için telif hakları düzenlemelerine riayet edildiğine yönelik beyanda bulunmuştur.

FROM PROJECTION TO LED SCREEN THE DEVELOPMENT OF SIMULTANEOUS BACKGROUND TECHNOLOGY AND ITS IMPACT ON FILMMAKING

Abstract

Since the early days of cinema, we can observe how visual effects and background replacement techniques have played a critical role in film production. Both during live-action shoots and in post-production, the integration of real images with effects and background modifications has significantly contributed to the evolution of cinema. Initially, given the practical and technical challenges of filming in physical environments, such shoots were often difficult, dangerous, or costly. During the early years of cinema, overcoming these challenges and developing creative solutions led to the creation of many innovative visual effect techniques for combining live-action shots with backgrounds. Methods such as massive sets, detailed props, and matte paintings were employed to address these issues. Over time, the advancement of optical compositing techniques and, eventually, digital technologies has facilitated the easier and more effective integration of locations and backgrounds during both shooting and post-production. In particular, the development of projection technology enabled the simultaneous recording of live-action shots with backgrounds in a studio environment. This technology helped to eliminate the difficulties and potential dangers associated with creating physical sets, offering filmmakers a more creative and controlled shooting process. Background creation technologies have provided significant advantages in overcoming the challenges and hazards associated with physical locations, making it easier to create imaginative settings. This study examines how these technologies have evolved and their impact on film production. Specifically, it explores the historical development of front and rear projection, digital projection, and LED screen methods, highlighting how these technologies have contributed to the visual aesthetics and production processes of cinema. This research provides a comprehensive overview of the evolution of cinema technologies and their role in film production.

Keywords: *Projections, led screen, simultaneous background capture, virtual production, cinema*

Giriş

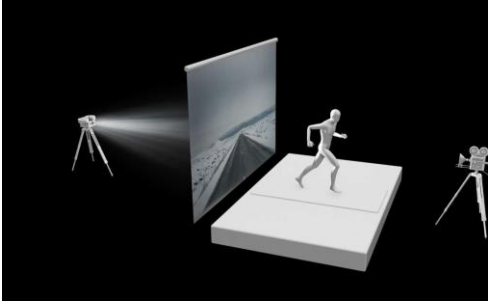
Canlı aksiyon çekimlerle arka planların eş zamanlı kayda alınmasında veya birleştirilmesinde kullanılan pek çok yöntem mevcuttur. İlk akla gelen hiç kuşkusuz çekimlerin fiziksel ortamda gerçekleştirilmesidir. Ne var ki özellikle sinemanın ilk dönemlerinde fiziksel ortamda çekim yapmanın zor, imkansız, tehlikeli ya da maliyetli olduğu kimi durumlar stüdyo ortamında gerçekleştirilen canlı aksiyon çekimlerin arka planlarla birleştirilmesini içeren pek çok görsel efekt tekniğinin geliştirilmesine imkan tanımıştır. Sinemanın ilk yıllarında devasa setler, dekorlar ve mat resimlerle, sonraki yıllarda optik birleştirme ve en nihayetinde dijital teknolojilerin gelişimi ile gerek canlı aksiyon çekimler sırasında gerekse de post prodüksiyon aşamasında mekanlar ve arka planların canlı aksiyon çekimlerle birleştirilmesi kolay hale gelmiştir. Özellikle projeksiyon teknolojinin ortaya çıkışı stüdyo ortamında gerçekleştirilen canlı aksiyon çekimlerle arka planların eş zamanlı kayda alınabilmesine olanak tanımıştır. Ancak kısıtlı bir sahnenin arka planını değiştirmeye olanak tanıyan projeksiyon teknolojileri nihayetinde bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte yerini yeşil ekran çekimlerine bırakmıştır. Böylece yeşil ekran önünde gerçekleştirilen canlı aksiyon çekimlerin arka planları post-prodüksiyon aşamasında bilgisayar grafikleri aracılığıyla kolayca değiştirilebilir hale gelmiştir. Arka planları kolayca ve hızlıca oluşturmaya imkan sağlayan teknolojideki hızlı değişim, günümüzde yerini sanal üretime imkan sağlayan LED ekran teknolojisine bırakmıştır. Kamera önünde ve kayıt sırasında hayli karmaşık ve büyüleyici görsel efektler elde etmek için sanal ortamda oluşturulmuş çekimleri gerçek zamanlı olarak set sırasında yansıtmaya yarayan LED ekran teknolojisi, sanal ortamda oluşturulmuş çekimleri canlı çekimlerle aynı anda filme almayı mümkün hale getirmiştir.

Fiziksel bir mekanda bulunmanın zor veya imkansız olduğu durumları bertaraf etmek, fiziksel bir mekanın yol açacağı tehlikeli durumların üstesinden gelmek ve hayali mekanları yaratmak için hayli elverişli olan arka plan değiştirme teknolojileri, geçmişten günümüze sinemada hayli işlevsel olarak kullanılmaktadır. Bu açıdan bu çalışmada canlı çekimler ve önceden oluşturulan arka planları eş zamanlı olarak kayda almada kullanılan teknolojiler odağa alınmaktadır. Zira geçmişten günümüze sinemada gerek canlı aksiyon çekimler sırasında gerekse de canlı çekimler tamamlandıktan sonra post-produksiyon aşamasında -mat resim, ön-arka projeksiyon, bilgisayar grafiği, optik yazıcı, yeşil-mavi perde gibi- kaydedilmiş görüntülerin canlı aksiyon çekimlerle birleştirilmesini ve arka planların değiştirilmesini/oluşturulmasını içeren pek çok farklı görsel efekt yöntemi kullanılmaktadır. Ancak bu çalışma, sadece canlı aksiyon çekimler sırasında eş zamanlı kaydı mümkün kılan eş zamanlı arka plan oluşturma teknolojileri ile sınırlandırılmıştır. Bunun için çalışmada sinema tarihinde canlı aksiyon çekimlerle arka planları eş zamanlı kayda almaya imkan veren ön-arka projeksiyon, dijital projeksiyon ve LED ekran yöntemleri incelenmektedir. Aynı zamanda eş zamanlı arka plan oluşturma teknolojisinin nasıl geliştiği, film yapımına sağladığı avantajların neler olduğu ve kullanılan teknolojinin film yapımını nasıl etkilediği araştırma konusu edilmektedir. Böylece canlı aksiyon çekimler ile arka planların eş zamanlı kaydını mümkün kılan teknolojinin evrimi ortaya çıkarılırken aynı zamanda bu teknolojinin film yapımında oynadığı rol ve sinemaya etkileri ortaya çıkarılmaktadır.

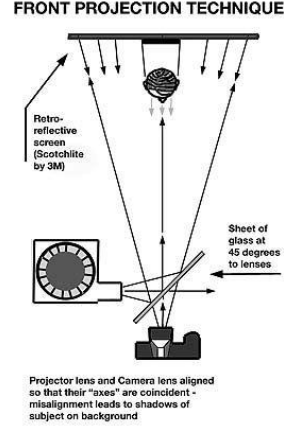
1. Eş Zamanlı Arka Plan Teknolojisinin Gelişimi

1.1.Ön ve Arka Projeksiyon

Temel olarak canlı çekimlerin yapıldığı stüdyo ortamında canlı çekimlerle projeksiyondan yansıtılan görüntülerin eş zamanlı kayda alınmasını sağlayan projeksiyon tekniği, eş zamanlı arka plan değiştirme/oluşturmada kullanılan en temel ve yaygın tekniktir. Sinemada dijital çağın başlangıcına kadar yaygın olarak kullanılan projeksiyon teknikleri; “büyük ölçekli setler ve yeni ortamlar yaratmanın yanı sıra görüntüleri, araba ve uçakların pencerelerinin dışına çıkarmak için kullanılan süreçlerdi. Bu araçları kullanma teknikleri büyük ölçüde değişmiş olsa da yeni dijital projeksiyon sistemleri hariç, aletlerin mekaniği temelde aynıdır” (Mesa ve Coats, 2010, s. 93). Projeksiyon süreci, bir projektör kullanılarak film çekimi sırasında özel efekt oluşturma işlemidir ve film çekimi sırasında yaygın olarak ön ve arka projeksiyon olarak adlandırılan iki tip projeksiyon süreci kullanılır.

Görsel 1: Arka Projeksiyonun İşleyişi**Kaynak:**

<https://www.filmriot.com/blog/rear-front-projection/>

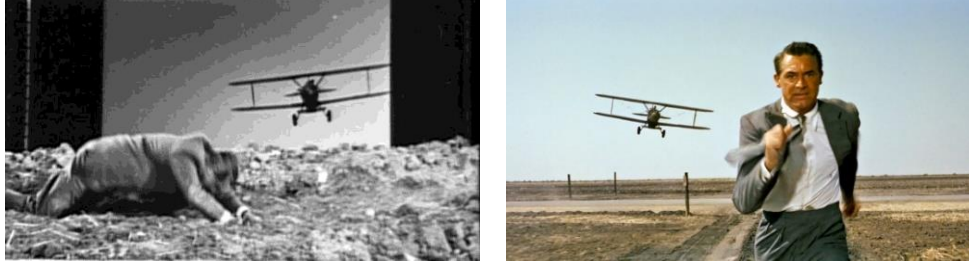
Görsel 2: Ön Projeksiyonun İşleyişi

Kaynak: <https://repository.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1439&context=article> Davidhazy, A. (2008).

Arka projeksiyon tekniğinde (Görsel 1) projeksiyon görüntüsü kameranın karşısına yerleştirilen oyuncunun arkasından yansılır ve daha sonra oyuncu, önceden kaydedilmiş bu hareketli arka planla birlikte kayda alınır. “Arka ekran projeksiyonu, film yapımcılarının bir stüdyodaki canlı oyuncularını başka bir yerde ve genellikle de egzotik ve tehlikeli bir dış ortamda göstermenin bir yolu olarak 1930’larda ortaya çıktı” (Netzly, 2000, s. 172). 30’lu yıllara damgasını vuran arka projeksiyon özel efekt tekniği ile stüdyodaki canlı çekimler sırasında farklı bir zaman ve mekanda elde edilmiş bir görüntünün canlı çekimler ile birleştirilmesi sağlandı. Böylece oyuncular farklı bir mekana gitmeden o mekandaymış gibi stüdyoda kaydedilebildi. Rickitt’in (2000, s. 21) belirttiği gibi mat boyama ile elde edilen seyahat matları¹’nin yerini alan arka projeksiyon, tropik maceralar, araba ve tren seyahatleri ya da bir okyanusta geçen hikayeler için kolay ve gerçekçi çekimler yapılmasını sağladı. 30’lardan itibaren yaygınlaşan ve uzun yıllar kullanılmaya devam eden arka projeksiyon tekniğini *Kazablanka* (*Casablanca*, Michael Curtiz, 1942) filminde iki aşığın yaptığı uzun araba yolculuğu sırasında, *Kuşlar* (*The Birds*, Alfred Hitchcock, 1963) filminde oyuncunun sandalda kuşlar tarafından saldırıya uğradığı sahnede, *Gizli Teşkilat*’da (*North by Northwest*, Alfred Hitchcock, 1959) kahramanın üzerine gelen uçaktan kaçtığı sahnede olduğu gibi, farklı dönemlerde çekilmiş pek çok filmde görmek mümkündür. Arka projeksiyon tekniği, aksiyon dolu kovalamacalardan sürükleyici takip sahnelerine kahramanların tehlikeli olaylarla mücadelesinden dramatik yolculuk sahnelerine kadar pek çok farklı işlev için kullanılmıştır.

¹ Mat resim (matte painting), film çekimi veya post-produksiyon işlemleri sırasında canlı aksiyon çekimlerle arka planları birleştirmede kullanılan büyük boyutlu resimlerdir. Resim sanatçıları ve çizerler tarafından tasarlanan ve arka plan olarak kullanılan sabit bir resim olan mat resim, erken dönem filmlerden itibaren kullanıldı ve günümüzde de dijital mat resim halini aldı. Daha detaylı bir okuma için bkz. Netzly, 2000; Rickitt, 2000.

Görsel 3: Arka Projeksiyon çekimi (North by Northwest, Alfred Hitchcock, 1959)



Kaynak: <https://alfredhitchblog.wordpress.com/2015/07/04/north-by-northwest-deconstruction-of-a-scene-the-crop-duster-sequence/>

Ne var ki dönemi için son derece kullanışlı olmasına rağmen arka projeksiyon birtakım dezavantajlara da sahiptir. Bu dezavantajlardan biri, Sawicki'nin (2011, s. 98) de belirttiği gibi, arka projeksiyondan yansıtılan görüntünün perdenin yarı saydam ortamından geçmesi nedeniyle yumuşak bir görüntü oluşturmayı engellemesidir. Zira görüntünün perdenin arkasından yansıtılması, yansıyan görüntünün canlılığını ve parlaklığını azaltmaktadır. Ön plandaki canlı aksiyonun aydınlatması ise daha canlı ve parlaktır. Canlı aksiyon ve arka projeksiyon arasındaki aydınlatma farkı da ya projeksiyondan yansıtılan görüntünün silinip gitmesine ya da iki görüntü arasında renk tonu farklılıkları oluşmasına neden olmaktadır. Bu bakımdan ışık, arka projeksiyonda çekim ekibini zorlayan en temel sorun olmaktadır.

Tam da bu noktada Sawicki'nin (2011, s. 98) de aktardığı gibi, bu sorunu çözmek için ışığı doğrudan kaynağına geri yansıtan ve *Scotchlite* olarak adlandırılan ön projeksiyon yöntemi geliştirildi. "1950'lerde geliştirilen ön projeksiyon işlemi, ön plan ve arka plan görüntülerini kameradan aynı uzaklıkta birleştirmek için aynalar kullanır ve böylece daha gerçekçi bir etki yaratır" (Netzly, 2000, s. 173). Yani ön projeksiyon tekniğinde (Görsel 2) projeksiyon görüntüsü çekilen obje ile kamera arasına yerleştirilen bir ayna aracılığıyla yansıtılır. Dolayısıyla perde, görüntüyü aynadan kameraya geri yansıtır ve yansıtılan görüntü ile ön plan objesi arasında iyi bir ışık ve renk dengesi elde edilir. Bu yolla, "kamera, birleştirilmiş canlı aksiyon ve yansıtılan arka planı aynanın şeffaf tarafından filme çeker ve oyuncuyu onlardan ayrı değil, yansıtılan görüntülerin bir parçası olarak kaydeder" (Netzly, 2000, s. 173). Dolayısıyla arka projeksiyona kıyasla daha karmaşık bir işlem olan ön projeksiyon, yapılan çekimlerin daha parlak ve keskin olmasını sağlarken aynı zamanda daha gerçekçi bir arka plan yaratılmasını sağlar. Tıpkı *Superman* (Richard Donner, 1978) filminde, oyuncunun uçtuğu sahneler için kullanılan ön projeksiyon tekniğinde olduğu gibi, daha keskin ve parlak bir renk ve ışık dengesi sağlayan ön projeksiyon, arka plan ve ön objenin daha iyi kaynaştırılmasını sağlayarak sahneye gerçekçi bir derinlik hissi katmaktadır.

Rickitt'in (2000, s. 69) de ifade ettiği gibi, ön projeksiyon, arka projeksiyona göre bir dizi belirgin avantaja sahiptir: İlk olarak ön projeksiyonun çok güçlü ve büyük olması gerekmez, küçük alanlarda kullanıma elverişlidir ve son olarak da aydınlatma daha az zorlayıcıdır. Bu avantajlara yakından bakıldığında ön projeksiyon arka projeksiyona nazaran çok daha yansıtıcı olduğundan, yansıtılan görüntünün arkadan yansıtma için gereken kadar güçlü olması gerekmez, ki bu da çok daha küçük boyutlarda ve güçte projektörlerin kullanılmasına imkan sağlar. Ön projeksiyonun diğer bir avantajı ise küçük stüdyo alanlarında elverişli olmasıdır. Zira arka projeksiyonda ekranın arkasında öndeki kadar alana ihtiyaç duyulmaktayken ön projeksiyonda kamera ve projektör aynı

tarafa monte edildiğinden daha küçük stüdyo alanlarında çekim yapmada kullanışlıdır. Üçüncü unsur ise arka projeksiyonda ön elemanların aydınlatılmasının fazla özen gerektirmesidir. Zira aydınlatmanın iyi yapılmaması ön elemanların arkasına yansıtılan görüntüyü bozabilmektedir. Oysa ön projeksiyonda bu tür sorunlar minimum düzeydedir.

Avantajlarına ve dezavantajlarına rağmen gerek ön gerekse de arka projeksiyon film prodüksiyonunda temel pek çok pratik fayda sağlamıştır. Dawson'ın da (2020) tespit ettiği gibi, ön ve arka projeksiyon kullanmanın film yapımına sağladığı kolaylıklar; üretim sonrası süreyi azaltması; çekim sonrası hemen hemen hiçbir şeyi düzenlemek ve ardından yeni bir arka plan girmeye gerek kalmaması; oyuncunun saçı gibi iki ekranı birleştirirken zorlayıcı olan unsurlarla uğraşmaya gerek kalmaması; ve son olarak da sette önden veya arkadan projeksiyon gibi pratik bir etkiye sahip olmanın konuyu ve kamera hareketini aydınlatmada daha fazla esneklik sağlamasıdır (Dawson, 2020). Bu pratik avantajlara ek olarak ön ve arka projeksiyon, çekilmesi zor, zahmetli kimi zamanda imkansız sahnelerin hayata gelmesinde hayli işlevsel bir yöntemdir. Stüdyonun korunaklı ve kontrol edilebilir ortamında hava koşullarından şehrin kalabalığının denetlenmesine kadar pek çok zahmetli koşulun bertaraf edilmesinde, dış mekanlarda ve kimi zaman şehir veya ülke dışında yapılması gereken çekimlerin yol açacağı zaman ve maliyet sorununun aşılmasında veya fantastik olayların cereyan ettiği fantezi mekanları içeren bilimkurgu yapımların hayat bulmasında yapım şirketlerinin en güvenilir ve elverişli araçlarından biri olmuştur.

1.2.Dijital Projeksiyon

Kuşkusuz film yapımı için hayli elverişli olan projeksiyon tekniği bilgisayar teknolojilerindeki gelişimle birlikte yerini daha modern ve kullanışlı çözümlere bırakmıştır. Fink ve Morie'in (2010, s. 5-6) de ifade ettiği gibi, 1930'lu ve 1940'lı yıllar boyunca kullanımı yaygın hale gelen ve kesintisiz canlı aksiyon çekimi mümkün kılan projeksiyon teknolojisi, canlı aksiyon ve arka planların kusursuz bir biçimde birleştirilmesine imkan tanıyan dijital birleştirmenin ortaya çıkışına kadar yoğun bir şekilde kullanıldı. Çekim sonrası dijital birleştirme günümüz sinemasında revaçta olmasına rağmen canlı aksiyon ve arka plan öğelerini eş zamanlı yakalama halen fazlasıyla tercih edilmektedir. Zira eş zamanlı yakalama, post prodüksiyon aşamasında yapılması gereken yansıma, ışık, renk gibi pek çok ince detayın düzenlenmesine olan ihtiyacı ortadan kaldırarak büyük bir zaman tasarrufu sağlar. Yine eş zamanlı yakalamada tüm sanal ve gerçek unsurlar çekim öncesi oluşturulduğundan görsel kompozisyon düzenlemelerinin büyük bir kısmı set sırasında gerçekleştirilir. Bu açıdan post prodüksiyon aşamasında harcanan zaman ve iş yükü büyük ölçüde azalır. Benzer şekilde bir çekim için tüm yapım ve set ekibinin şehir ve hatta ülke dışına çıkmasının gerekliliğini de ortadan kaldıran eş zamanlı yakalama, o ortamın yol açacağı zorlukları olduğu kadar yapım maliyetini de azaltır. Eş zamanlı yakalama aynı zamanda sahnenin gerçek zamanlı olarak görülebilmesini sağlayarak hem oyuncuların sergiledikleri performanslar sırasında ortamla etkileşime girmelerini sağlar hem de yapım ekibinin ortam ve canlı aksiyonu denetleyebilmesini kolaylaştırır.

Eş zamanlı yakalamanın sağladığı tüm bu avantajlar, günümüzde geleneksel ön ve arka projeksiyon yöntemlerinin dijital araçlarla entegre edildiği dijital projeksiyon sistemlerinin sinemada halen işlevsel olarak kullanılmasının başlıca sebeplerindendir. Örneğin *Oblivion* (Joseph Kosinski, 2013) (Görsel 4) filminde bulutların üzerinde yer alan bir gökdelende gerçekleştirilen çekimlerde günün değişimi, bulutların hareketleri gibi unsurların yer aldığı dinamik arka plan değişiklikleri ve gerçekçi ortam aydınlatması için projeksiyon teknolojisi kullanıldı. Cheek'in (2013) aktardığı gibi, 21 projekteye sahip 500 fit genişliğinde ve 42 fit yüksekliğinde bir ekrandan

oluşan ve setin çevresini 270 derece saran perde sisteminin kullanıldığı film, hem kapsamlı bir aydınlatma teçhizatı kullanmak yerine setteki ışığın çoğunun projeksiyondan elde edilmesini sağladı hem de oyuncuların set ve çevre ile etkileşime girmesine yardımcı oldu.

Görsel 4: Dijital Projeksiyon (Oblivion, Joseph Kosinski, 2013)



Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=DzqdzBZRM9k>

Yönetmenliğini Lisa Joy'un yaptığı 2021 yapımı *Zihin Gezgini (Reminiscence)* (Görsel 5, 6) filminde kullanılan gerçek zamanlı izleme ve projeksiyon teknolojisi analog yöntemleri yeni bir seviyeye taşıdı. Zihindeki anıları 3 boyutlu bir hologram olarak yansıtabilen askeri bir cihazı kullanarak müşterilerinin anılarının derinliklerini araştıran özel bir dedektifin maceralarının konu edildiği film için özel olarak tasarlanan projeksiyon perdesi, anıların sette bir hologram olarak yansıtılmasını ve böylece görselleştirilen anıların sette hareketli çekim parçaları olarak yer almasını sağladı. Hafıza projeksiyonu olarak adlandırılan bu sistem için film ekibi silindirik şekilde gerilmiş ince örgülü bir Halo Gazlı bez projeksiyon perdesi ve bu perdeye eşlenmiş üç adet 20K projektörü kullandı (Desowitz, 2021). Tüm canlı aksiyon ve hologram görüntüsünün sette gerçek zamanlı olarak yakalandığı -ve de post prodüksiyon aşamasında pek çok iyileştirme yapılan filmde, oyuncu ve perdeye yansıyan görüntülerin etkileşime girmesi, sahnenin duygusal yoğunluğunu meydana getirmektedir. Bunun yanında oyuncunun üzerine yansıyan ışık ve kamera hareketleri ile bu esnada değişen perspektif gibi unsurlar da filmin gerçekçiliğini arttırmaktadır. Dolayısıyla dijital araçlarla entegre edilen yeni tip projeksiyon teknikleri ile perdeler büyüdü, kullanılan projeksiyonların sayısı arttı ve hatta film anlatısında oynadığı rol de genişledi.

Görsel 5: Hafıza Projeksiyonu (Reminiscence, Lisa Joy, 2021)



Kaynak: Warner Bros şirketinin yönetmen ve ekip röportajı için bkz. <https://www.youtube.com/watch?v=oHweaQmNL04>

Görsel 6: Halo Gazlı Perde (Reminiscence, Lisa Joy, 2021)



Kaynak: <https://www.indiewire.com/2021/08/remembrance-cinematographer-paul-cameron-analog-noir-1234660286/>

1.3.LED Ekran Teknolojisi

Dijitalle entegre edilmiş modern projeksiyon tekniklerinin yanında, sanal üretimde en büyük yenilik LED ekran (Görsel 7) teknolojisi oldu. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve projeksiyon tekniğinin çağdaşı olarak nitelendirilebilecek olan LED ekran, ortamları, mekanları veya karakterleri çekimler sırasında gerçek zamanlı olarak yansıtmak için kullanılır. Bu açıdan LED ekran, kapsamlı ve gerçek zamanlı kamera içi görsel efektler tasarlamak için kullanılan bir teknolojidir. Televizyondan sinemaya pek çok çağdaş yapımda kullanılan, canlı aksiyon çekimler ve arka planları eş zamanlı yakalamaya imkan veren LED ekran, yeni nesil bir sanal üretimin ve gerçekçiliğin oluşmasına olanak sağlar.

Görsel 7: First Man (Damien Chazelle, 2018) filminde kullanılan ve mekanı 180 derece saran 60 x 35 fit genişliğindeki dev LED ekran.



Kaynak: DNEG görsel efekt şirketinin LED ekran sürecine ilişkin videosu için bkz. <https://www.youtube.com/watch?v=UChwuyWVzsI>

Temel olarak LED ekran, projeksiyon tekniğinde olduğu gibi önceden kaydedilen görüntülerin canlı çekimler sırasında sette oyuncularla birlikte kayda alınması esasına dayanır. Ancak Kadner'in (2019, s. 18) de belirttiği gibi, projeksiyondan farklı olarak LED ekran, görüntülerin perspektifte kaymasını ve kamerayla mükemmel bir şekilde senkronize edilmesini sağlar. Sonuç olarak, o kadar inandırıcı görüntüler elde edilir ki, canlı aksiyonun nerede bittiği ve ekranın nerede başladığını söylemek zorlaşır. Yine projeksiyondan farklı olarak LED ekran daha büyük boyutlarda, 360 veya 180 derece gibi farklı açılarda ve esnek yapısı sayesinde oval vb. pek

çok şekilde inşa edilebilir. Böylece LED ekran, gerçek zamanlı bir çevre etkileşimini mümkün kılarak fotogerçekçi sanal bir set oluşturulmasını sağlar. Tıpkı *The Mandalorian* (Jon Favreau, 2019-...) televizyon dizisi örneğinde olduğu gibi (Görsel 8), devasa boyutlarda kurulan LED ekran, oyuncuların set sırasında mekanın içerisindeymiş gibi görünmelerine yardımcı olur. Fotogerçekçi sanal bir set oluşturulmasını mümkün kılan devasa boyutlardaki bu LED ekran, oyuncuların ortamla ilişki kurmasını kolaylaştırır. Zira oyuncular yeşil ekran önünde kayda alındıklarında ortamı görmediklerinden rol yapmak ve ortama entegre olmak zordur. Ne var ki LED ekran, oyuncuya içinde bulunduğu ortamı deneyimleme ve ortamla etkileşime geçme imkanı sunar. Aynı zamanda büyük boyutlarda inşa edilen ve seti çevreleyen LED ekran, kameranın farklı yönlere hareket edebilmesine olanak tanıyarak dinamik bir çekimi mümkün kılar. Zira,

LED ekrandaki düzenlenebilir sanal öğeler, kameranın nerede olduğunu ve nasıl hareket ettiğini algılayan bir hareket izleyiciyle birlikte gerçek zamanlı motorlar tarafından oluşturulur. Kamera, arka plan ortamına ve görsel öğelere eşlik eden uzayda dinamik olarak hareket edebilir. Ekrandaki sanal setler, gerektiğinde sahne malzemeleriyle serbestçe etkileşime girebilen fiziksel set parçalarıyla aynı görünür (3CINNODisplay, 2021).

Bu da çekim ekibini kısıtlı alanlardan kurtarır, sahnelerin kesintisiz ve akışkan bir biçimde kayda alınabilmesine olanak verir.

Yine yüksek çözünürlüklü arka planlar oluşturan LED ekran, aynı zamanda bir ışık kaynağı sağladığından onun sahneye yansıttığı ışık kamerada gerçek ve sanalın kaynaşmasını kolaylaştırır. *The First Man* (Damien Chazelle, 2018) örneğinde olduğu gibi (Görsel 9), kullanılan LED ekran, gökyüzü ve uzay arka planlarında gerçekçi bir aydınlatma elde etmeye imkan sağlar ve ekrandan aktörlere ve nesnelere yansıyan ışık daha gerçekçi bir atmosfer yakalanmasını mümkün kılar. Filmin tüm uçuş sekanslarında kullanılan LED ekran, gerçekçi bir alan derinliği ve ışık efekti sağlamanın yanında aynı zamanda oyuncular için de gerçek bir dünya yaratmaya yardımcı olmuştur (Kadner, 2019a). Bunu yapabilmek için filmin görsel efekt yapım şirketi *DNEG*, “çekilen aksiyonun etrafını 180 derece saran 60 x 35 feet’lik dev bir LED ekranda oynatılacak görüntüleri önceden işlemiştir” (Failes, 2018). Bu devasa büyüklükteki LED ekranları ve önceden düzenlenmiş görüntüleri kullanmanın gerekçesi ise görsel efekt süpervizörü Lambert’in (akt. Failes, 2018) de vurguladığı gibi, görüntülerin ve yansımaların gerçek görünmesinin istenmesidir. Nitekim Lambert’e (akt. Failes, 2018) göre filmde Neil Armstrong’un (Ryan Gosling) atmosferden ayrılarak ufku gördüğü sahnede -ve yansımaların yer aldığı diğer tüm sahnelerde- kaskına ve hatta gözlerine yansıyan görüntü, LED ekrandan yansıyan gerçek görüntüdür ve bu, filmin gerçekçiliğini arttırmıştır.

Görsel 8: LED Ekran Sanal Üretim. (The Mandalorian, Jon Favreau, 2019-...)

Kaynak: ILM görsel efekt şirketinin Sanal üretim sürecine ilişkin video için bkz. [The Virtual Production of The Mandalorian, Season One](https://www.youtube.com/watch?v=UChwuyWVzsI) - YouTube

Görsel 9: LED Ekran Sanal Üretim (The First Man, Damien Chazelle, 2018)

Kaynak: DNEG görsel efekt şirketinin sanal üretim sürecine ilişkin video için bkz. <https://www.youtube.com/watch?v=UChwuyWVzsI>

2. Sanal Üretimde Led Ekranın Avantajları ve Günümüz Film Yapımına Etkileri

Günümüz dijital film yapımında neredeyse vazgeçilmez olan sanal üretim, fiziksel ve sanal içeriği gerçek zamanlı olarak bir araya getirmeye odaklanan ve çeşitli görsel üretim yaklaşımlarını kapsayan (hareket yakalama, CGI gibi) bilgisayar destekli yapım ve görselleştirmeyi ifade eden bir terimdir (Kadner, 2019, s. 3. Bennett, 2020, s. 22-25). Sanal üretimde kullanılan son teknoloji olan ve film yapımı sırasında dinamik arka planlar kullanarak kameranın fotogerçekçi sahneler çekebilmesini sağlayan LED ekran, günümüz sinema ve televizyon yapımları için devrim niteliğinde bir teknolojidir.

Sinema ve televizyonun geleneksel üretim kalıplarını değiştiren LED ekran, ilk olarak devasa boyutlardaki statik ve boş alanlardan oluşan yeşil/mavi perdelerle duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Yeşil perdenin yol açtığı renk dengesi ve aydınlatma sorunlarını taşımayan LED ekran, kesintisiz ve 3 boyutlu arka planlar oluşturulmasına imkan verir. Bu da yoğun bir gerçeklik etkisi yakalanabilmesini sağlar. Yine yeşil perde önünde yapılan canlı aksiyon çekimlerin post prodüksiyon aşamasında dijital tasarımlarla entegre edilmesi hayli zorlu bir süreçtir. Saç, kostüm gibi unsurların piksel düzeyinde taranıp eşlenmesi, ışık ve renk dengesinin her bir karede tekrarlanması veya her bir canlı aksiyonun izlenerek sanal tasarımla eşlenmesi gibi teknik zorluklar LED ekranla kolayca aşılabilmektedir.

LED ekranın diğer bir avantajı da hayli masraflı ve zahmetli olan sahne prodüksiyonuna duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmasıdır. Arka planı ve ortamı oluşturmak için yapılacak tüm ön düzenlemeler -bir mekana gidilmesi veya o mekanın set ortamında yeniden oluşturulması gibi- veya post prodüksiyon aşamasında yapılacak eklemeler -3 boyutlu modellenen arka planların canlı aksiyon çekimlerle entegre edilmesi gibi- LED ekranın sağladığı gerçek zamanlı görsel efektler oluşturma teknolojisi sayesinde zahmetsiz ve düşük maliyetlerle elde edilebilmektedir. Dolayısıyla birden fazla set, ortam, manzara ve mekan gerektiren bir film, önceden kaydedilmiş, istenilen şekilde düzenlenebilen ve gerçek zamanlı görsel efektler oluşturmayı mümkün kılan LED ekran sayesinde sahne sırasında kolayca tamamlanabilir ve LED ekran bu unsurların yol açtığı yüksek maliyeti de ortadan kaldırır.

Gerçek zamanlı görsel efekt oluşturma aynı zamanda yönetmenlerin sette arzu ettikleri düzenleme ve değişiklikleri yapabilmelerini de mümkün kılmaktadır. Sahnede istenmeyen bir unsurun çıkarılması veya eklenmesi, set sırasında duyulan ihtiyaca göre o an çözüme

kavuşturulabilmektedir. Zira sanal üretimde LED ekran kullanımı “filmin nihai görünümüne çok daha yakın geçici görüntüler sağlayarak ve eksik veya devam eden çekimlerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olarak belirsizliği azaltır (Kadner, 2019, s. 7). Böylece film neredeyse çekimler sırasında tamamlanmış olur ve bu, yönetmen ve ekibin post prodüksiyon aşamasında beklenmedik bir sorunla karşılaşma ihtimalini ortadan kaldırır.

Yönetmen ve film ekibine sağladığı bu avantajların yanında LED ekranların sağladığı gerçek zamanlı görsel efektlerin diğer bir artısı da oyuncular için sağladığı kolaylıklardır. Bennett’in ifadesiyle “Bir oyuncunun sanal ortamla ilgili algısal sınırlaması, bilişsel iş yükünü artırır ve sanal ortamı inşa etmek ve hayal etmek zorunda oldukları için dikkatlerini bir performanstan uzaklaştırır” (2020, s. 29). Oysaki LED ekran sayesinde oyuncular set sırasında neye baktıklarını ve neye tepki vermeleri gerektiğini görebilir. Bu sayede sahneyi hayal etmek zorunda kalmayan oyuncular sahnenin atmosferine daha rahat uyum sağlayabilir. Bu da oyuncu performanslarının daha yoğun ve gerçekçi biçimde yakalanabilmesini mümkün kılmaktadır.

LED ekranın film sektörüne sağladığı tüm avantajlar onu günümüz film üretimi için hayati bir unsur haline getirmektedir. Özellikle de Covid-19 Pandemisi’nin yol açtığı seyahat kısıtlamaları gibi engeller ve kapalı alanlarda kalabalık ekiplerle çekim yapmanın oluşturduğu tehlikeler, LED ekran sanal üretimi sayesinde bertaraf edilmiştir. Görsel efekt yapım şirketi *DNEG* profesyonellerinin de (James, Achard, Bird ve Cooper, 2021) ifade ettikleri gibi, bir film ekibini çekim yapılacak alana götürmek maliyetlidir ve en iyi durumda bile çok karmaşık lojistik problemler yaratır. Küresel bir salgının ortasında bunu denemek ise neredeyse imkansızdır. Bu nedenle çekim yerini sanal olarak LED ekranlardan oluşan bir duvarda yeniden oluşturma olasılığı film yapımcılarının dikkatini hızla çekmiştir. Böylece sinema sektörü canlı aksiyonu çevreleyen dev LED ekranların fotogerçekçi görüntüler oluşturma yeteneği sayesinde film üretimini sürdürmeyi başarabilmiş ve bu sanal üretim sayesinde pandemi gibi yıkıcı koşulları aşabilmiştir.

Kuşkusuz sinemayı etkileyen tüm bu süreçler ve unsurlar, sanal üretimde LED ekranların geleceğinin ne olacağını merak konusu yapmaktadır. Sinemayı etkileyen tüm teknolojik gelişmelerde olduğu gibi bugünün son teknolojisi geleceğin geleneksel yöntemi haline gelmeye mahkumdur. Ancak bugün sanal üretime imkan veren ve gerçek zamanlı eşlemeyi mümkün kılan LED ekran gibi teknolojiler, *Framestore* şirketinin Görsel Efekt Süpervizörü, Christian Kaestner’in (akt. Hogg, 2021) ifade ettiği gibi, sınır tanımayan bir yaratıcılığın önünü açmıştır ve teknoloji, yaratıcı hikaye anlatımının yeni yollarını ortaya çıkaran bir araç haline gelmiştir. Yine *Ncam* görsel efekt şirketinin CEO’su Nic Hatch’in (akt. Hogg, 2021) de vurguladığı gibi, sanal üretim teknolojileri gerçekçilik açısından bir sıçrama yaratmıştır ve önümüzdeki birkaç yıl içinde her şeyin daha iyi görselleştirilmesini sağlayacak yeni tür teknolojiler ortaya çıkacaktır. Dolayısıyla teknoloji geliştikçe bugünün çığır açan araçları yerini yenisine bırakacaktır ancak sinemada değişmez olan daha gerçekçi ve daha iyi görselleştirilmiş yaratıcı bir hikaye anlatımı arayışı olacaktır.

Sonuç

LED ekran teknolojisi, film yapım süreçlerinde devrim niteliğinde bir dönüşüm sağlamakta ve bu değişim, yaratıcı anlatım biçimlerini yeniden şekillendirmektedir. Geleneksel arka planların statik doğasına karşın, LED ekranlar sayesinde film setleri artık daha dinamik ve etkileşimli hale gelmektedir. Bu hem çekimler sırasında set ortamlarının tasarımlarında esneklik sunmakta hem de sahneleme süreçlerini zenginleştirmektedir. Bununla beraber LED ekranların sunduğu yüksek

çözünürlük, canlı renk derinliği ve anlık içerik güncellemeleri, film üretiminde gerçek zamanlı etkileşim olanakları sağlamaktadır.

Bu teknoloji, özellikle görsel efektlerin sahnelere entegre edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Film yapımcıları, LED ekranlar aracılığıyla sahne arka planlarını anında değiştirebilir, farklı atmosferler yaratabilir ve izleyicilere daha ilgi çekici görsel deneyimler sunabilir. Böylece, izleyicilerin dikkatini çekmek ve duygusal bağ kurmak için gereken görsel etkileycilik artırılmaktadır. Ayrıca, eş zamanlı arka plan teknolojisinin sağladığı avantajlardan bir diğeri de film üretim sürecinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlamasıdır. Geleneksel yöntemlerle yapılan sahne kurulumları ve arka plan montajları uzun süreler alırken, LED ekranlar sayesinde bu süreçler önceden hızlanmakta ve böylece yapım süreleri kısalmaktadır. Bu aynı zamanda film setindeki karmaşayı azaltarak, yapım ekibinin odaklanmasına olanak tanımaktadır. Bunun sonucunda, yaratıcı süreçlerde daha fazla zaman kalmakta ve bu durum, filmlerin genel kalitesine olumlu yansımaktadır.

Sonuç olarak, LED ekran teknolojisi, sadece teknik bir yenilik değil, aynı zamanda film yapımında yaratıcı bir dönüşüm aracı olarak öne çıkmaktadır. Film endüstrisi, bu teknolojiyi benimseyerek daha yenilikçi projelere imza atma fırsatını yakalayacak ve izleyicilere unutulmaz deneyimler sunacaktır. Bu bağlamda, gelecekte LED ekran teknolojisinin film yapımında daha geniş bir yelpazede yer bulması, sinemanın görsel anlatım gücünü daha da artıracak ve sektörün evrimini hızlandıracaktır. Bu nedenle, LED ekranların film yapımındaki potansiyelinin sürekli olarak araştırılması ve geliştirilmesi, sektörün geleceği için hayati bir öneme sahiptir.

Extended Abstract

Since the beginning of cinema, many different visual effects methods have been used, including combining recorded images with live-action shots and changing/creating backgrounds, both during live-action shooting and in the post-production stage. The first thing that comes to mind is undoubtedly that the shooting takes place in a physical environment. However, especially in the early periods of cinema, when shooting in a physical environment was difficult, impossible, dangerous or costly, some situations allowed the development of many visual effects techniques, including combining live-action shots in a studio environment with backgrounds. In this respect, this study focuses on the technologies used to simultaneously record live shots and previously created backgrounds. Because, from past to present, in cinema, recorded images such as matte painting, front-rear projection, computer graphics, optical printer, green-blue screen, etc. are combined with live-action shots and backgrounds are changed, both during live-action shootings and after the live shooting is completed, in the post-production stage. Many different visual effects methods are used, including the creation of However, this work is limited to simultaneous background rendering technologies that only enable simultaneous recording during live-action shooting. For this purpose, the study examines front-rear projection, digital projection and LED screen methods that allow the recording of live-action shots and backgrounds simultaneously in the history of cinema. At the same time, how simultaneous background creation technology developed, what the advantages it provides to film production and how the technology used affects film production are the subject of research. Thus, while the evolution of technology that enables the simultaneous recording of live-action shots and backgrounds is revealed, the role of this technology in film production and its effects on cinema is revealed.

The projection technique, which basically enables the simultaneous recording of live shots and projected images in the studio environment where live shots are made, is the most basic and

common technique used in simultaneous background changing/creation. Projection techniques that were widely used in cinema until the beginning of the digital age are basically the process of creating special effects during movie shooting using a projector, and two types of projection processes are commonly used during movie shooting, called front and rear projection. Both front and rear projection have provided many practical benefits fundamental to film production; reducing post-production time; no need to edit almost anything after shooting and then insert a new background; no need to deal with challenging elements when combining two screens, such as the actor's hair; and finally, having the practical effect of front or rear projection on set allows greater flexibility in lighting the subject and camera movement. In addition to these practical advantages, front and rear projection is a highly functional method for bringing to life scenes that are difficult, laborious and sometimes impossible to shoot. In the sheltered and controllable environment of the studio, it is possible to eliminate many troublesome conditions, from weather conditions to controlling the crowds of the city to overcome the time and cost problems caused by shooting outdoors and sometimes outside the city or country, or bringing to life science fiction productions that include fantasy locations where fantastic events take place. It has become one of the most reliable and convenient tools for production companies. All these advantages provided by simultaneous capture are the main reasons why digital projection systems, in which traditional front and rear projection methods are integrated with digital tools, are still functionally used in cinema.

LED screen, which is the latest technology used in virtual production and enables the camera to shoot photorealistic scenes using dynamic backgrounds during film production, is a revolutionary technology for today's cinema and television productions. LED screen, which changes the traditional production patterns of cinema and television, firstly eliminates the need for green/blue screens consisting of huge static and empty areas. LED screen, which does not have the colour balance and lighting problems caused by green screen, allows the creation of seamless and 3D backgrounds. This allows an intense reality effect to be achieved. Again, integrating live-action shots shot in front of a green screen with digital designs in the post-production stage is a very challenging process. Technical difficulties such as scanning and matching elements such as hair and costume at the pixel level, repeating the light and colour balance in each frame, or monitoring each live action and matching it with the virtual design can be easily overcome with the LED screen.

Another advantage of the LED screen is that it eliminates the need for stage production, which is quite costly and troublesome. Therefore, a movie that requires more than one set, environment, scenery and location can be easily completed during the scene thanks to the LED screen, which is pre-recorded, can be edited as desired and makes it possible to create real-time visual effects, and the LED screen eliminates the high cost caused by these elements. All the advantages that the LED screen provides to the film industry make it a vital element for today's film production.

To summarize, background creation technologies, which are very convenient to eliminate situations where it is difficult or impossible to be in a physical space, to overcome dangerous situations caused by a physical space, and to create imaginary spaces, have been used very functionally in cinema from the past to present. As with all technological developments affecting cinema, today's cutting-edge technology is bound to become the traditional method of the future. However, today, technologies such as LED screens that enable virtual production and real-time

mapping have paved the way for limitless creativity, and technology has become a tool that reveals new ways of creative storytelling.

Kaynakça

- Bennett, J., C. (2020). *Immersive Performance Environment: A Framework for Facilitating at Actor in Virtual Production*. Queensland University of Technology Yayınlanmamış doktora tezi.
- Cheek, T. (2013). "Projection Mapping in Oblivion (starring Tom Cruise)". *TripleWide Media*. <https://articles.triplewidemedia.com/projection-mapping-in-the-making-of-oblivion-starring-tom-cruise/>, Erişim Tarihi: 15.12.2021.
- Davidhazy, A. (2008). "Front projection: a useful compositing special effects technique". Rochester Institute of Technology. RIT Digital Institutional Repository. <https://repository.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1439&context=article> , Erişim Tarihi: 17.09.2024.
- Dawson, R. (2020). "Rear And Front Projection In Film Production". *Film Riot*. <https://www.filmriot.com/blog/rear-front-projection/>, Erişim Tarihi: 19.12.2021.
- Desowitz, B. (2021). "Reminiscence": Creating a Visual Mindscape for Lisa Joy's 'Analog Noir' Worthy of Hitchcock". *IndieWire*. <https://www.indiewire.com/2021/08/reminiscence-cinematographer-paul-cameron-analog-noir-1234660286/>, Erişim Tarihi: 15.12.2021.
- Failes, I. (2018). "First Man: An Effects Odyssey". *VFXV*. <https://www.vfxvoice.com/first-man-an-effects-odyssey/>, Erişim Tarihi: 14.12.2021.
- Fink, M. ve Morie, J., F. (2010). "Introduction". *The VES Handbook of Visual Effects: Industry Standard VFX Practices and Procedures*. (Ed.) Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman. Focal Press.: Oxford.
- Hogg, T. (2021). "Perspectives: Chasing The Evolving Industry Norm For Virtual Production". *VFXV*. <https://www.vfxvoice.com/perspectives-chasing-the-evolving-industry-norm-for-virtual-production/>, Erişim Tarihi: 19.12.2021.
- James, O., Achard, R., Bird, J. ve Cooper, S. (2021). "Colour-Managed LED Walls for Virtual Production". In *Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference Talks (SIGGRAPH'21 Talks)*, August 09-13, 2021. ACM, New York, NY, USA, 2 pages. <https://doi.org/10.1145/3450623.3464682>. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3450623.3464682>, Erişim Tarihi: 26.12.2021.
- Kadner, N. (2019). *The Virtual Production Field Guide*. Epic Games. <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcb8ed2bf83138d.pdf>, Erişim Tarihi: 29.12.2021.
- Kadner, N. (2019a). "Moon Walk: First Man". *American Cinematographer*. <https://ascmag.com/articles/moon-walk-first-man>, Erişim Tarihi: 26.12.2021.
- Netzly, P., D. (2000). *The Encyclopedia of Movie Special Effects*. Oryx Press.: Arizona.
- Rickitt, R. (2000). *Special Effects the History and Technique*. Billboard Books: New York
- Sawicki, M. (2011). *Filming the Fantastic. A Guide to Visual Effects Cinematography*. Focal Press: Oxford.

3CINNODisplay (2021). “LED video wall virtual production, game-changer in film making”.
3CINNODisplay. <https://www.led-display-manufacturer.com/led-video-wall-virtual-production-in-film-making/>, Erişim Tarihi: 15.12.2021.

Destekleyen Kurum/Kuruluşlar: Herhangi bir kurum/kuruluştan destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.