

Sanat ve Teknoloji Kesişiminde Holografi

Holography at the Intersection of Art and Technology

Şevin Gülpınar, İletişim ve Tasarım Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, 0000-0001-6862-2656

Özet

Başlangıçta bilimsel bir çerçevede değerlendirilen holografi zamanla sanatsal alanda da kabul görmüştür. Holografıyı uzay, zaman, hareket ve ışık gibi temaları keşfetmek için kullanan sanatçılar sayesinde sanat eserlerindeki görsel derinlik katmanı artırılmıştır. Bu kullanım, sanat eserlerine üç boyutlu bir etki kazandırarak, izleyicilere daha dinamik ve etkileşimli bir deneyim sunmaktadır. Holografik sanat, bu sayede hem estetik hem de kavramsal olarak zenginleşmekte, sanatın ve teknolojinin kesiştiği noktada ortaya yeni ifade biçimleri ve anlatım olanakları çıkarmaktadır. Çalışma kapsamında, hala gelişmekte olan bir alan olarak holografının, sanat pratikleri ve teknolojik gelişmeler ışığında iki ve üç boyut arasındaki sınırları ortadan kaldırma biçimlerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Nitel araştırma yöntemiyle gerçekleştirilen araştırmada verileri elde etmek üzere holografının bir sanat formu olarak çıkış noktası olan 1960'lı yıllardan günümüze kadar süregelen önemli çalışmalar hem sanat hem de teknoloji çerçevesinde geniş bir literatür taraması ve doküman incelemesi yapılarak incelenmiş; ulusal ve uluslararası tezler, kitaplar, makaleler ve internet kaynakları araştırma referansları olarak kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Sanat, teknoloji, holografi, holografik sanat.

Akademik Disiplin(ler)/Alan(lar): Sanat ve tasarım.

Abstract

Initially evaluated within a scientific framework, holography has gradually gained acceptance in the artistic sphere as well. Artists who utilize holography to explore themes such as space, time, movement, and light have enhanced the visual depth layer in art pieces. This application endows artworks with a three-dimensional effect, offering viewers a more dynamic and interactive experience. Holographic art has thus been enriched both aesthetically and conceptually, producing new forms of expression and narrative possibilities at the intersection of art and technology. This study aims to investigate, in light of art practices and technological advancements, how holography, as an evolving field, blurs the boundaries between two and three dimensions. Conducted through qualitative research methods, the study examines the trajectory of holography as an art form from its inception in the 1960s to the present day, through an extensive literature review and document analysis encompassing both art and technology; and national and international theses, books, articles, and online resources have been employed as research references.

Keywords: Art, technology, holography, holographic art.

Academical Disciplines/Fields: Art and design.

- Sorumlu Yazar:** Şevin Gülpınar, İletişim ve Tasarım Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Adres:** Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Esenler, İstanbul.
- E-posta:** gulpinar@yildiz.edu.tr
- Çevrimiçi yayın tarihi:** 28.08.2024
- doi:** 10.17484/yedi.1481644

Geliş tarihi: 10.05.2024 / **Kabul tarihi:** 20.08.2024

1. Holografik Sanat

Holografi, lazer ışınları kullanılarak gerçekleştirilen üç boyutlu görüntü işleme tekniğidir ve uzaydaki nesnelere gelen ses ve ışık dalgalarındaki bilgiyi belirli bir şekilde depolamaya ve bu bilgiyi herhangi bir kayıp olmadan yeniden ortaya çıkarmaya olanak tanır. Bu doğrultuda bir lazer ışını bölüp tekrar birleştirilerek hologramlar yapmak mümkün hale gelir. Burada elde edilmek istenen, derinlik, zaman ve hareket sağlayabilen bir ışık oluşturmaktır. Aslında holografik girişim, bir vizyon ve uygulamalı çalışma bütününden oluşan ışıkla heykel yapma sanatıdır. Holografi dünyanın her yerinde görece yeni bir disiplin olarak, bilim insanlarının ve meraklılarının çalışma odağında, büyüyen bir harekete dönüşmektedir.

Hologramın üç boyutlu görüntüsü, bir lazerden veya bir yüzeyden yansıyan başka bir ışık kaynağından gelen ışık demetlerinin oluşturduğu bir girişim modeli aracılığıyla üretilir. Teknoloji ilk olarak 1948'te tanıtılmış; Macar mühendis Dennis Gabor, holografii icadı ve geliştirdiği yöntemlerle 1971 Nobel Fizik Ödülü'nü kazanmıştır. 1960'lı yıllardan itibaren bilimi sanatla birleştirme olasılıklarının düşünülmeyle başlamasıyla holografi; bilgisayarda oluşturulan görüntülerin sınırlarının ötesine geçen ve zengin bir sanatsal deneyim sunan karmaşık ve görsel bir sürece evrilmiştir. Holografinin kesin olarak bir sanat kolu olarak kabul edilmesi ise neredeyse 1980 yılını bulmaktadır.

Margaret Benyon, *Bir Sanat Malzemesi Olarak Holografi* başlığı ile 1973'te Leonardo'da yayımlanan makalesinde holografinin sanat pratiği çerçevesinde ele alınabilecek potansiyelde olduğunu ve bunun çıktılarının bir sanat nesnesi olarak kabul edilmesi konusunda galeri ve enstitüler ile görüştüğünden bahsetmektedir. Holografi henüz çoğunlukla bilimsel araştırmalar ve teknik uygulamalarla sınırlıyken, 1960'lar ve 70'ler boyunca sanat ve teknoloji arasındaki etkileşimi keşfeden Benyon, bu teknolojiyi sanatsal ifadenin yeni bir aracı olarak görerek bu algıyı dönüştürmeye çalışmış ve görsel sanatlarda yeni bir dil geliştirmiştir. Bu süreç, holografinin sanat dünyasında bir araç olarak tanınması ve kabul edilmesi için önemli bir adım olmuştur.

Benyon'un kadın kimliği, cinsellik ve algı üzerine sorgulayıcı ve eleştirel bakış açıları sunmak için bir araç olarak kullandığı çalışmaları, holografinin sanatsal potansiyelini daha geniş bir kitleye tanıtmak için önemli platformlar sağlamıştır. Sanat galerileri ve müzelerde düzenlenen sergiler aracılığıyla holografi, sadece bir yenilik ya da ilginçlik olmaktan çıkıp, sanat dünyasında ciddiye alınması gereken bir ifade biçimi olarak kabul görmeye başlamıştır. Benyon'un bu sergilerdeki varlığı, holografik sanatın akademik ve sanatsal çevrelerde tanınmasına ve bu yeni sanat formuna olan ilginin artmasına katkıda bulunmuştur.

Sanatın holografii kabulünün ilk dönemlerinde, diğer sanatçılar da holografinin potansiyelini bir araç olarak görmüş ve sanat çalışmaları üretmek amacıyla bilim laboratuvarlarına erişim sağlamaya çalışmışlardır. Bu doğrultuda holografik sanat, çoğu zaman bilim insanları ve sanatçılar arasındaki iş birliğinden doğmuştur. Hatta bazı holograflar kendilerini hem sanatçı hem de bilim insanı olarak görmeye başlamışlardır. Öyle ki; halka açık ilk sergiler genellikle üniversite fizik laboratuvarlarında düzenlenmiştir.



Görsel 1. Alice Cooper'ın Beyninin İlk Silindirik Kromo-Hologram Portresi, Dali, 1973

20. yüzyılın en ikonik ve yenilikçi sanatçılarından biri olarak kabul edilen ve sıklıkla sınırları zorlayan çalışmalarıyla tanınan Salvador Dali'nin *Alice Cooper'ın Beyninin İlk Silindirik Kromo-Hologram Portresi* eseri, 1970'lerde sanat ile teknolojinin kesiştiği bir noktada ortaya çıkan deneysel bir çalışmadır (Görsel 1). Bu holografik portre, Alice Cooper'ın üç boyutlu bir imgesini içerir ve Dali'nin holografi teknolojisini sanatsal bir ortam olarak kullanma konusundaki yenilikçi adımlarından birini temsil eder. Dali'nin holografiyle ilgilenmesi, onun sürekli olarak yeni ifade biçimleri arayışında olduğunu ve sanatının sadece tuval üzerine yağlı boya ile sınırlı olmadığını gösterir. Holografi, Dali için, izleyicilere üç boyutlu görüntüler sunarak, sanatın algılanış biçimini dönüştürme fırsatı sunan bir araç olmuştur. Bu teknolojiyi kullanarak

Dali, gerçeklik ve hayal arasındaki sınırları bulanıklaştıran, izleyicileri şaşırtan ve onlara benzersiz deneyimler sunan eserler yaratabilmiştir.

Dali'nin holografi alanındaki çalışmaları, onun kapsamlı ve çeşitli sanatsal arayışlarının bir parçasını oluştururken, bu alandaki erken dönem çalışmaları, Dali'den önce birçok sanatçı ve bilim insanı tarafından yapılmıştır. Özellikle 1968'de Michigan'daki Cranbrook Sanat Akademisi'nde düzenlenen holografik sanat sergisi ve 1970 yılında New York'ta Finch College galerisi tarafından düzenlenen sergiler ulusal medyanın ilgisini çoktan çekmiştir (Holophile, t.y.). Öte yandan Margaret Benyon İngiltere'de 1960'ların sonlarında holografıyı sanatsal bir araç olarak kullanmaya başlamış ve 1969'da Nottingham Üniversitesi sanat galerisinde kişisel bir sergi açmıştır (Coyle, 1990). Bunu 1970'te Lisson'da bir kişisel sergi daha izleyecektir.

1970'lerde, holografıye olan özel yaklaşımları ile bir dizi sanat stüdyosu ve okul kurulmuştur. Özellikle Lloyd Cross tarafından kurulan San Francisco Holografi Okulu, New York'ta Rosemary (Posy) H. Jackson tarafından kurulan Holografi Müzesi, Londra'daki Kraliyet Sanat Koleji ve Tung Jeong tarafından düzenlenen Lake Forest College Sempozyumları öne çıkmaktadır (Integraf, 1973). Öte yandan 1979'da San Francisco'daki Holos Galerisi (Holos Gallery, t.y.) gibi holografıye adanmış yeni kuruluşlar açılmıştır. Bu stüdyoların hiçbiri günümüzde mevcudiyetini koruyamamış olsalar da New York'ta Holografik Sanatlar Merkezi ile sanatçılara iş yaratma ve sergileme yeri sunan Seul'deki HoloCenter alanda aktif olarak faaliyet gösteren kuruluşlardır. Ayrıca MIT Müzesi ve Jonathan Ross geniş holografi koleksiyonları ve çevrimiçi sanat hologramları katalogları ile erişime açıktır.

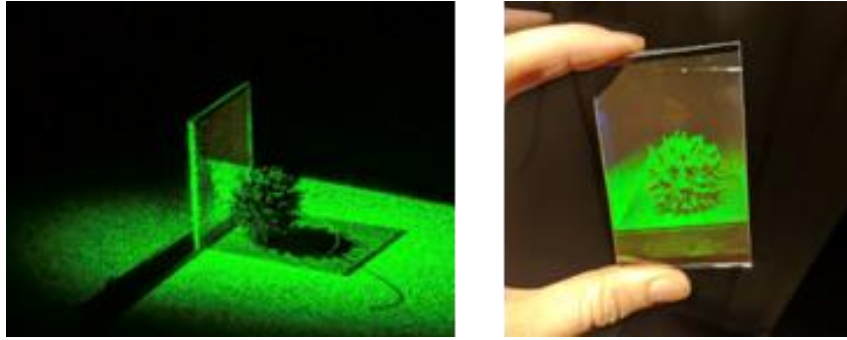
1980'lerde holografi alanında çalışan Harriet Casdin-Silver gibi sanatçılar, sanat dünyasında yeni sanatsal kavramların yayılmasına katkıda bulunmuştur. Casdin-Silver, holografi teknolojisini kullanarak özellikle insan figürü ve sosyal temaları derinlemesine ele alır. Onun sanat anlayışı, görsel sanatlarda teknolojik yeniliklerle insan durumunu araştırma arasında köprü kurar. Casdin-Silver'in çalışmaları, izleyiciyi sadece estetik bir deneyim sunmanın ötesine taşıyarak, eserlerine entegre ettiği sosyal ve psikolojik boyutlarla etkileşime davet eder. Holografıyı kullanarak, insan vücudu ve kimliği üzerine yoğun bir şekilde odaklanır ve bu temaları, izleyicinin eserleri çok katmanlı bir perspektiften deneyimlemesini sağlayacak şekilde işler. Sanatçının hologramları, vücudun ve insan varoluşunun karmaşıklığını, derinliğini ve çok yönlülüğünü vurgular. Bu, izleyicinin eserle hem görsel hem de duygusal bir bağ kurmasını sağlar. Casdin-Silver, holografik portreler aracılığıyla bireyin iç dünyasını ve dışsal temsillerini sorgular. Bu çalışmalar, sadece teknik bir başarı değil, aynı zamanda bireysel ve kolektif kimliklerin görselleştirilmesi açısından da önemlidir. Sanatçı, bu bağlamda, teknolojiyi bir araç olarak kullanarak, insan deneyiminin ve toplumsal cinsiyetin görsel temsillerini yeniden şekillendirmeye yönelik eleştirel bir yaklaşım sergiler.

Bu dönemde, holografik unsurları sanatsal çalışmalarına entegre ederek özgün sanat eserleri yaratmayı hedefleyen küçük ama aktif bir sanatçı grubu ortaya çıkmıştır. Bu sanatçılar, holografıyı bir ifade aracı olarak benimseyerek, eserlerinde üç boyutlu illüzyonlar ve optik etkileşimler kullanmışlardır. Matt Brand, bu alandaki çalışmalarıyla öne çıkan sanatçılardan biri olup, aynasal holografiden faydalanarak dikkat çekici sanatsal eserler üretmiştir. Brand, holografi teknolojisini sanatsal ifadede bir araç olarak kullanarak, izleyicilere perspektifin ve ışık oyunlarının benzersiz bir deneyimini sunmayı başarmıştır. Onun çalışmaları, holografik sanatın potansiyelini ve estetik olanaklarını genişleterek bu alanın sanat dünyasındaki yerini sağlamlaştırmıştır.

Sanatçı Ana Maria Nicholson (1989), Leonardo'nun *Holography as an Art Medium* sayısında yayımlanan makalesinde, bir hologramı ilk kez gördüğünde, holografik alanın ötesinde uzanan üç boyutlu dünyaya hem şaşkınlık hem de aşinalık hissettiğini belirterek, bunların rüyaların ve zihinsel imgelerin alanı gibi olduklarını ifade eder. Bu tür yayınlar, popüler sergiler aracılığıyla geniş kitlelere ulaşan ancak; ana akım sanat dünyasında henüz kendine sağlam bir yer bulamayan sanatsal holografi için önemli girişimlerdir.

D. Tulla Lightfoot (1989), aynı Leonardo sayısında, holografi sergilerinin sayısının son dönemde artmış olmasına rağmen, New York'taki geleneksel sanat galerileri veya müzelerinde sergilenmediklerini ve bu merkezlerde yayımlanan sanat dergilerinde holografik sanat hakkında çok az şey yazıldığını gözlemler. Holografik sanatın altın çağında bile sanatçıların çalışmalarına destek bulmakta zorlandıkları bilinmektedir. Bilim muhabiri Constance Holden (1979), Science dergisinde ülkedeki 200 hologram sanatçısından yalnızca dördünün hibe almayı başardığını, diğerlerinin ise mevcut hiçbir kategoriye uymadıkları için Ulusal Bilim Vakfı ve çeşitli sanat destek ajansları tarafından sürekli olarak reddedildiklerini ifade etmiştir. Holografi, sanatsal olarak birçok yenilikçi potansiyel sunmasına rağmen bu alandaki sanatçılar hem teknolojiye olan erişim zorluğu hem de sınırlı destek nedeniyle yeterli kaynağa ulaşmakta güçlük çekmiştir. Bu da holografik sanatın daha geniş bir sanat dünyasında kabul görmesini geciktirmiş ve sanatçılar tarafından yaygın olarak kullanılmasına engel olmuştur.

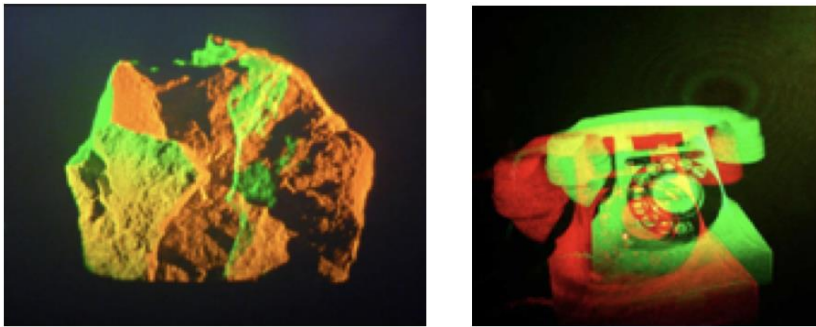
Holografik sanat kapsamında; yansıma hologramı, iletim hologramı, denisyuk hologramı, beyaz ışık geçirgenliği hologramı-WLT, gökkuşağı hologramı, darbeli lazer hologramı, çok kanallı hologram, 360° hologram, holografik stereogram, bilgisayar tarafından oluşturulan hologram-CGH, dijital hologram gibi birçok farklı uygulama türünden söz edilebilmektedir. Hologram türlerindeki en temel ayrım iletim ve yansıma hologramları için yapılır. Yansıma hologramları, hologramın yüzeyinden bir ışık demetini yansıtarak görüntüler oluşturur. Bu tür hologram çok yüksek kaliteli görüntüler üretir ancak; oluşturulması oldukça maliyetlidir. İletim hologramları ise, hologramın içinden bir ışık ışını ileterek görüntüler oluşturur. Bu tür hologramlar, toplu olarak üretilebildikleri için daha yaygın olarak görülür. Kredi kartlarında bulunanlar gibi kabartmalı hologramlar, aynalı bir arka plana sahip iletim hologramlarıdır. Her iki tür de farklı sınır yapılarına sahip olduklarından birbirlerinden farklı görünmektedirler. Yansıma hologramında yalnızca seçilen dalga boyları (renkler) yeniden oluşturulurken, iletim hologramı ışığın tüm dalga boylarını kırar, böylece gökkuşağı bir görünüme sahip olabilir. Hologram ışığın dalga boyunu yani rengini değiştirmez, ancak ışığın yeniden nasıl yönlendirildiğini kontrol eder.



Görsel 2. Tek Işınlı Hologramı, Martina Mrongovius, 2019

Optik geometrileri ve kayıt ortamları ile tanımlanabilen birkaç farklı sanat hologramı türü vardır. Bunlardan ilki Denisyuk Hologramı ya da Eksen Üzerinde Yansıma Hologramı olarak adlandırılan Tek Işınlı Yansıma Hologramıdır (Görsel 2). Bu hologram türü, hologram yüzeyinden parılayan ve ardından nesneden hologram yüzeyine geri dönen tek bir lazer ışını ile oluşturulur. Nesneden yansıyan lazer ışığına *nesne ışını* denir. Nesne ışını daha sonra, *referans ışını* ile karşılaştığı holografik filmde geri döner ve iki ışın birbirinin içinden geçerek bir *girişim deseni* oluşturur (Sapan, 2020). Bu girişim deseni, holografik filmde fotoğraflanan şeydir. Fiziksel yapı kimyasal olarak değiştirilmedikçe, yansıma hologramı kaydedildiği renkte görüntülenir. Gerçek bir renk yansıma hologramı oluşturmak için genellikle kırmızı, yeşil ve mavi renk olmak üzere birden çok lazer rengi birleştirilir.

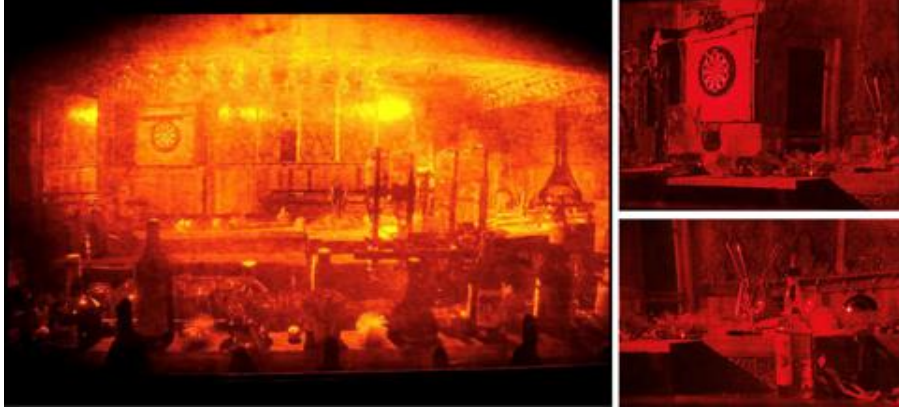
Holografi üreten sanatçılar çoğunlukla birden çok renkte görüntüler üretmek istemiş ve buna yönelik olarak çalışmalar yürütmüştür. Bu isimlerden biri, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde İleri Görsel Araştırmalar Merkezi Direktörü Profesör Stephen Anthony Benton'dur. Gökkuşağı hologramının mucidi ve tıbbi görüntüleme ile güzel sanatlar holografisinde öncü olan Steve Benton, sabit bir konumdan bakıldığında farklı renklerde görünen birden çok görüntüyü kaydetme yöntemi geliştirir. Kısa bir süre sonra, tekniğin varyasyonları, başta Rudie Berkhout, Dan Schweitzer, Sam Moree ve Randy James olmak üzere çeşitli sanat holografları tarafından kullanılmaya başlanır. Bu tekniklerin tümü, Renkli Benton Hologramları olarak adlandırılır.



Görsel 3. Rocks, John Kaufman, 1987

Telephone, İñaki Beguiristain, 2001

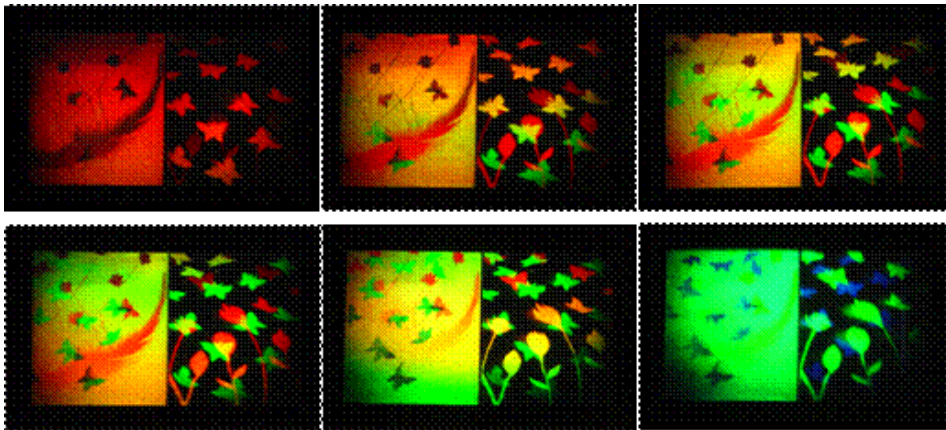
Daha yakın bir zamanlarda ise John Kaufman ve Lon Moore tarafından dikey paralaksı atmayan Sahte Renkli Yansıma Holografisi denen başka bir teknik kullanılır. Bu yansıma tekniği, pozlamadan önce emülsiyon kalınlığının kontrol edilmesinin bir yansıma hologramındaki son görüntü renginin kontrolüne izin verdiği gözleminden doğar. Hem Renkli Benton Hologramları hem de Sahte Renkli Yansıma Hologramları, yalnızca bir Helyum-Neon lazerden gelen kırmızı çizgi kullanılarak yapılmakta ve beyaz bir ışıkla yeniden oluşturulmaktadır. Hologram ışık görüntüleridir; bu nedenle renkler, spektral renkler seçilerek ve birleştirilerek kontrol edilmektedir. Holografik yapı kimyasal işlemeyi manipüle ederek, yeniden yapılandırılmış görüntünün rengini değiştirebilmektedir. John Kaufman ve İñaki Beguiristain tarafından yaygın olarak kullanılan bir teknik olan bu renk değişimlerini çoklu pozlamalar yoluyla elde edebilmektedir (Görsel 3).



Görsel 4. Bulunmayan Arkadaşlara, Paula Dawson, 1989

Paula Dawson, holografi alanında tanınmış bir sanatçıdır ve lazerle görülebilen iletim hologramları konusunda çığır açıcı eserler üretmiştir. Dawson, üç boyutlu görüntüleri kaydetmek ve yeniden oluşturmak için lazer teknolojisini kullanarak, izleyicilere büyüleyici görsel deneyimler sunar. Onun çalışmaları, optik fiziğin inceliklerini sanatsal bir bakış açısıyla birleştirir. Lazerle görülebilen iletim hologramları, nesnenin lazer ışığına maruz kalması sonucu, ışığın dalga yapısını kaydeden ve daha sonra aynı ışıkla aydınlatıldığında bu dalga yapısını yeniden oluşturan ince film benzeri yapılar içerir (Görsel 4). Dawson, bu teknikle yaratıcı bir şekilde çalışarak, izleyicilerin sadece sanal bir ortamda deneyimleyebileceği illüzyonları gerçek dünyaya taşır.

Dawson, bu tür hologramları *somut holografik görüntüler* olarak adlandırır; zira bu ifade, sanatçının eserlerinde arzuladığı ve yansıttığı fiziksel mevcudiyet algısını vurgular. İletim hologramları başlangıçta bir ana kayıt olarak işlev görür ve bu kayıtlar daha sonrasında yansıma veya iletim holografik baskılara dönüştürülebilir. Dawson'ın bu teknikle ürettiği eserler, izleyiciler üzerinde neredeyse elle tutulur bir etki bırakmayı hedefler; bu da holografik sanatının sadece görsel bir deneyim olmanın ötesinde, izleyicilerin mekân algısını da etkileyebilecek bir boyuta ulaştığını gösterir.



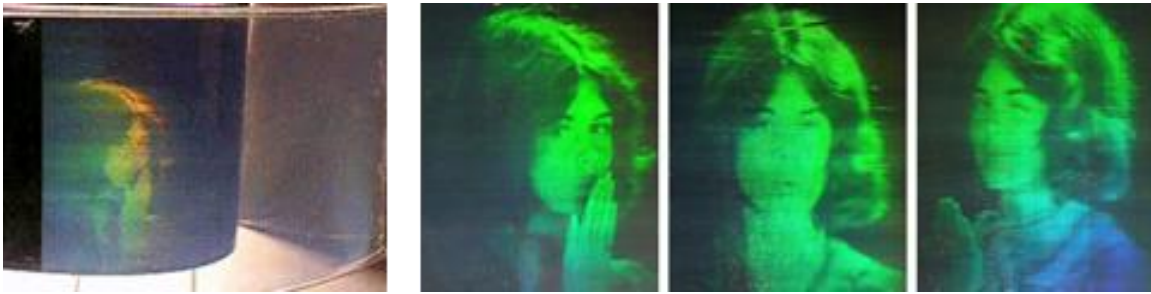
Görsel 5. Gökkuşluğu Hologramı

Gökkuşağı hologramları ise, beyaz ışık altında izlenebilen ve renkli görüntüler oluşturan özel bir hologram türüdür (Görsel 5). Genellikle lazer ışığı ile kaydedilen ana bir hologramdan türetilirler ve kayıtlarda yatay bir yarık kullanılarak, renk tayfının farklı açılara kırılmasıyla gökkuşağı etkisi yaratılır. Gökkuşağı hologramlarının önünde yukarı ve aşağı hareket etmek, perspektif değişikliği oluşturmaz; bunun yerine, izleyici dikey perspektiflerden ziyade spektral renk geçişlerini gözlemler. Derinliği olmayan veya sınırlı olan nesnelere bu bozulma fark edilmeyebilir ancak; hologramın düzlemine olan mesafe arttıkça bozulma da artar. Perspektifin yalnızca tek bir eksen boyunca yeniden oluşturulması nedeniyle, hologramın optimum mesafeden izlenmemesi durumunda, nesnelere sıkışmış veya uzamış gibi görünür. Gökkuşağı hologramları, kredi kartları ve ürün ambalajları gibi alanlarda, genellikle kimlik doğrulama ve güvenlik için tercih edilirler.



Görsel 6. Lucy in a Tin Hat, Patrick Boyd, 1988

Günümüzde hem yazılım hem de donanımdaki son gelişmeler sayesinde, görüntüyü yakalamak için her gözlemlendiğinde farklı yanıtlar oluşturan matematiksel bir denklem olarak okunabilen holografik fotoğraf alanında çeşitli türlerinin oluştuğu görülmektedir. Bunlardan ilki holografik portredir. Darbeli lazer iletimli hologram portre, darbeli lazer yansımali hologram portre, holografik stereogram portre, bilgisayarla oluşturulan hologram portre veya dijital hologram portre gibi farklı hologram türleriyle hologram portre üretmek mümkündür. Ancak canlı ve hareketli nesnelere kayıtları sadece *pulse* (darbeli) lazer ile alınabilmektedir. Holo Center'in (t.y.) tanımına göre ise holografik portre; *bir insanın canlı varlığını ışıkta yakalayan benzersiz bir üç boyutlu görüntüdür ve bir holografik film üzerine yakut darbeli lazer ile birkaç nanosaniye içinde kaydedilir.* İngiliz sanatçı Patrick Boyd'un *Lucy in a Tin Hat* adlı eseri darbeli hologram portrelerin en güzel örneklerinden biridir ve holografik sanatın Mona Lisa'sı olarak kabul edilmektedir (Görsel 6).

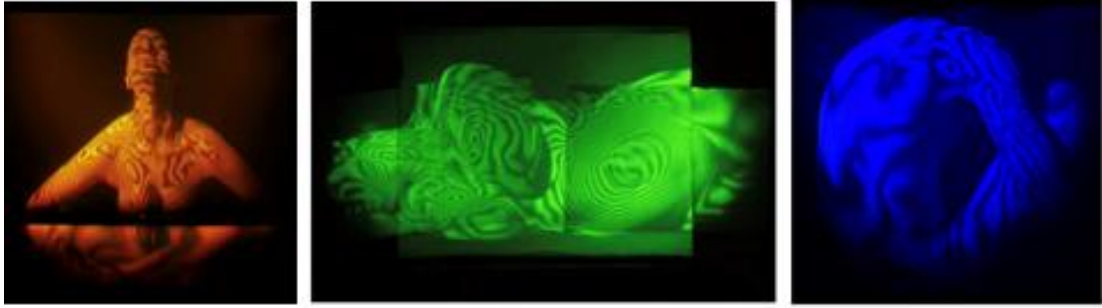


Görsel 7. The Kiss II, Loyd G. Cross, 1976

Fotoğraf alanında geliştirilen diğer bir teknik ise holografik stereogramlardır. Holografik stereogramlar, holografi ve stereografi tekniklerini bir araya getiren görüntülerdir. Holografi, ışık dalgalarını kaydederek üç boyutlu bir görüntü oluştururken, stereografi farklı açılardan elde edilen iki veya daha fazla görüntüyle üç boyutlu bir illüzyon yaratır. Holografik stereogramlar, birden fazla perspektife sahip holografik görüntüleri içerir ve izleyici açısını değiştirdiğinde farklı görüntüleri ortaya çıkararak, her açıdan bakıldığında üç boyutlu bir algı oluşturur. Bu özellik, holografik stereogramları görsel veri sunumunda özellikle etkili kılar.

Amerikalı bir fizikçi olan Lloyd G. Cross, önce geleneksel fotografik diyapozitif ile bir kişi veya nesnenin etrafında dönen resimler çekmiş ve sonra bu diyapozitif hologram serilerini yapmıştır (Görsel 7). Daha sonra, bu hologramları 120° veya 360° olan bir silindire monte ederek ilk holografik stereogramları ortaya çıkarmıştır. İzleyici ya silindiri döndürerek ya da silindirin etrafında dolaşarak görüntüyü canlandırılmış olarak görür. Cross tarafından geliştirilen holografik stereogram, holografinin sanatsal kullanımını önemli ölçüde etkilemiştir. Kamera ve bilgisayar aracılığıyla farklı açılardan görüntülerin alınması ve birleştirilmesinden oluşan bu tekniğin en bilinenleri arasında Aaron Kurzen'in çalışmaları gösterilebilir. Sanatçının 1977-78'de oluşturduğu Chalice, Primal Manifestation ve Voodoo Dolly adlı çalışmaları, 360° holografik stereogramlardır. Bunları *asamblajda holografik stereogram* olarak da tanımlamaktadır (Kurzen, 1983, s. 12).

Bir sanat hologramını deneyimlemek, bir ışık heykeliyle uğraşmaktır. Lazerlerle kazınmış hologramın mikroskobik fiziksel yapısı ışığı şekillendirir ve sanatçıya, saf renk biçimleriyle görsel bir alan oluşturması için imkân tanımaktadır. Her sanat eserinin optik dinamikleri, izleyici hareket ettikçe ortaya çıkmaktadır. Patrick Boyd eserlerinde derinlik, hareket ve ışık etkileşimlerini kullanarak izleyiciyi yanılsama ve gerçeklik arasındaki sınırları sorgulamaya teşvik eden bir sanatçıdır. Sanatsal pratiğinde genellikle insanların günlük yaşamlarına ve etkileşimlerine dair temalar işler. Bu da izleyicinin kendisiyle ve çevresiyle olan ilişkisini düşündürür. Boyd, çoğullamaya fotografik bir yaklaşım benimseyerek, 90'ların başında, hologram üzerinde görüntü slaytları ve şablonlarla bir el animasyonu sürecini kullanarak bir dizi multipleks hologram yapmıştır. Sanatçı multipleks hologramlarında gizlenen süreyi şu şekilde ifade eder: *Eser, izleyici için esasen etkileşimli bir deneyimdir, ancak bu süre zarfında kontrolü elinde tutmakta ve görüntünün ortaya çıkma ve keşfedilme hızına kare kare karar vermektedir* (HoloCenter, t.y.).



Görsel 8. Descent, Strata Serisi, Sally Weber, 2006

Sally Weber'in *Strata Series* adlı çalışması, holografik sanatın bilimsel ve sanatsal ifade olanaklarını araştıran yenilikçi bir seridir (Görsel 8). Bu seri, holografik interferometri tekniğini kullanarak, insan bedeninin deri altındaki nefes ve kan hareketlerini görüntüler. Weber, çift lazer atımı yöntemiyle oluşturduğu bu seriyle, holografik görüntüleme teknolojisinin sanatsal ifade potansiyelini keşfederken, aynı zamanda insan vücudunun dinamik doğasına ışık tutar.

Strata Series, insan bedeninin mikroskobik hareketlerini gözle görülür kılarak, izleyiciyi bu hareketlerin görselliğiyle etkilemeyi amaçlar. Weber'in kullanmış olduğu çift lazer atım tekniği, holografik interferometriyi kullanarak, vücudun mikroskobik ölçekteki hareketlerini yakalamasına olanak sağlar. Bu da çalışmasına hem sanatsal hem de bilimsel bir boyut kazandırır.

Sanatsal açıdan bakıldığında, Weber'in eserleri, sadece izleyiciyi etkilemekle kalmaz, aynı zamanda üç boyutlu görselleştirme aracılığıyla vücudun karmaşıklığını ve güzelliğini vurgular. Bilimsel açıdan ise, vücut hareketlerinin optik yöntemlerle incelenmesi ve görselleştirilmesi, tıbbi ve biyolojik araştırmalara ilham kaynağı olabilir. *Strata Series*, bu anlamda sanatsal bir ifadenin ötesine geçerek, insan bedeninin yapısı ve işleyişi hakkında daha derin bir anlayış geliştirilmesine katkı sağlar.



Görsel 9. Doğum, Lana Blum, Dijital Hologramlar, 2016

Son olarak, bilgisayar tarafından oluşturulan *dijital* hologramlarla her pikselin sınır modeli hesaplanır ve hologramda kaydedilir (Görsel 9). Dijital hologramlar, filmin *voxels* veya *hogels* olarak bilinen küçük bölgelerinin, uzamsal ışık modülatörü (SLM) veya elektron gibi yöntemlerle önceden hesaplanmış saçak desenine maruz bırakılmasıyla oluşturulur (HoloCenter, t.y.). Dijital hologram yapmanın birkaç farklı yolu vardır ancak; erken dönem sistemlerde bu hogel'ler, oldukça belirgin bir biçimde görünerek hologram yüzeyinde pikselleşmeye neden olmuştur.

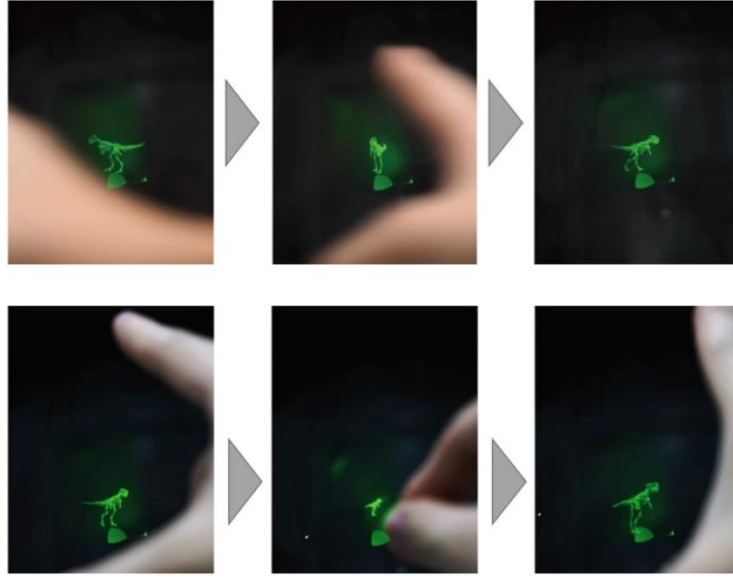
Gelişen teknolojilerle birlikte, dijital hologramların çözünürlüğü artırılmış ve bu pikselleşme problemi azaltılmıştır. Bu gelişmeler sayesinde, dijital hologramlar, sanal nesnelerin çok daha hassas ve ayrıntılı üç boyutlu temsiliyi yapabilir hale gelmiştir. Sanat ve bilim alanında bu hologramlar hem teknik hem de yaratıcı uygulamalar için geniş bir potansiyel sunar. Dijital hologramların bu gelişimi, sanatçılara ve araştırmacılara, holografik görüntülerin karmaşıklığını ve görsel derinliğini büyük ölçüde artırma fırsatı sağlar.

Holografi günümüzde bazı sanatçılar tarafından uygulanmaya devam etmektedir. Ancak 1970'lerdeki patlamasından bu yana diğer sanat kollarına oranla daha sönük bir sanat formu olarak kaldığını söylemek mümkündür. Bunun nedeni, hologramların ilk elden deneyimlenmesi gerektiğidir ve sergiler olmadan büyük bir izleyici kitlesi edinmeleri zordur. Ancak son zamanlarda HoloCenter'in girişimleri ve holografi alanında üretilen sanatsal değerli, özgün çalışmalara verilen bir ödül olan Holographic Art Grant sayesinde sanatçılar büyük ve yeni holografik eserler üretmeye teşvik edilmektedir. Işık ve mekân, toprak ve doğa ve insan formu ve bedeni olmak üzere üç ana temaya odaklanan sanatçı Setsuko Ishii; gökkuşağı hologramları ile hologram ve neon içeren heykelsi parçalarıyla da ünlü olan sanatçı Sam Moree; hologram sanatçılarında ilham vermek adına Richmond Holographic Studios'u (RHS) kuran ve holografinin öncülerinden biri kabul edilen sanatçı Edwina Orr; resimsel, soyut hologramları ile optik bilimler ve algısal duyumlara dayalı deneyimler icat etmeye odaklanan sanatçı Doris Vila; holografik stüdyolarda öğretici olarak yer alan Peter Miller; holografiyi, gerçek ile hayali arasında garip bir dans olarak gören Paul Newman; Laser Light Works'un kurucusu Dominic Welby; NASA ve Amerikan Doğa Tarihi Müzesi ile işbirliği içinde çalışan ve kendi adına sayısız hologramlarda patenti olan William Molteni; New York Holografi Müzesi'nde misafir sanatçı olarak çalışan Michael Sowden; İngiltere'deki ilk hologram üretim şirketlerinden birini kuran bir İngiliz hologram sanatçısı David Pizzanelli holografik sanat alanında başarılı çalışmalara imza atan sanatçılardır.

2. Modern Teknolojilerde Holografik Uygulamalar

Günümüzde, Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR) sıklıkla birlikte anılsa da oldukça farklı kavramlardır. VR teknolojisi, kullanıcıların oyunlar, filmler ve sporlar da dahil olmak üzere tamamen sanal bir dünyada olmalarına olanak tanır. AR teknolojisi ise, kullanıcıların hem önlerindeki gerçek sahneleri hem de gerçek dünyada bulunmayan bazı sanal nesnelere aynı anda görmelerine olanak tanır. Sanal gerçeklik cihazları, sanal bir dünya sunmak için çoğunlukla opak görüntüleme öğelerini kullanırken, AR cihazları gerçek dünya ile sanal nesnelere karıştırmak için optik birleştiriciler ve görüntüleme bileşenleri kullanır. Devrim niteliğindeki kullanıcı deneyimleri nedeniyle, VR ve AR, PC'ler ve akıllı telefonlardan sonra en olası *yeni nesil bilgi işlem platformu* olarak kabul edilmektedir (Alam vd., 2016). VR ve AR kavramlarına ek olarak, son yıllarda Karma Gerçeklik (MR) ve Genişletilmiş Gerçeklik (XR) gibi çeşitli yeni ilgili kavramlar ortaya çıkmıştır. Temelde MR, AR'nin başka bir versiyonudur; kullanıcıların gerçek dünyada görüntülenen sanal bilgilerle etkileşime girmesine olanak tanır. Kullanıcı deneyimini daha gerçekçi hale getirebilir. XR, ise tüm teknikleri kapsayabilecek yepyeni bir konsepttir.

VR/AR endüstrisinin yarattığı değer esas olarak; yüksek kaliteli görüntüleme teknolojileri, yüksek performanslı işlemciler, hareket izleme sistemleri ve dokunsal geri bildirim cihazları olmak üzere dört yöne odaklanmaktadır. Yüksek kaliteli görüntüleme teknolojilerinden biri Holografik Görüntüleme Teknolojisidir. Hologram teknolojisi temel olarak kamera veya gözlük gibi herhangi bir özel ekipman kullanılmadan görülebilen üç boyutlu bir projeksiyon üzerine kuruludur. Hologramları yakalamak ve yansıtmak için kullanılan teknolojiler son yıllarda büyük bir hızla gelişmiştir. Dünyanın dört bir yanındaki bilim adamları, insanların medyayla etkileşim şekillerini değiştirebilecek farklı hologram uygulamaları oluşturmak için lazerleri, modern dijital işlemcileri ve hareket algılama teknolojilerini kullanmanın yeni ve yaratıcı yollarına işaret etmektedirler. Holografik teknoloji sadece gerçeğe yakın görüntüler oluşturmaktan çok daha fazlasıdır. Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) gibi, holografik sistemler de insanların dünyayı görme şekillerinde devrim yaratmayı hedeflemektedir.



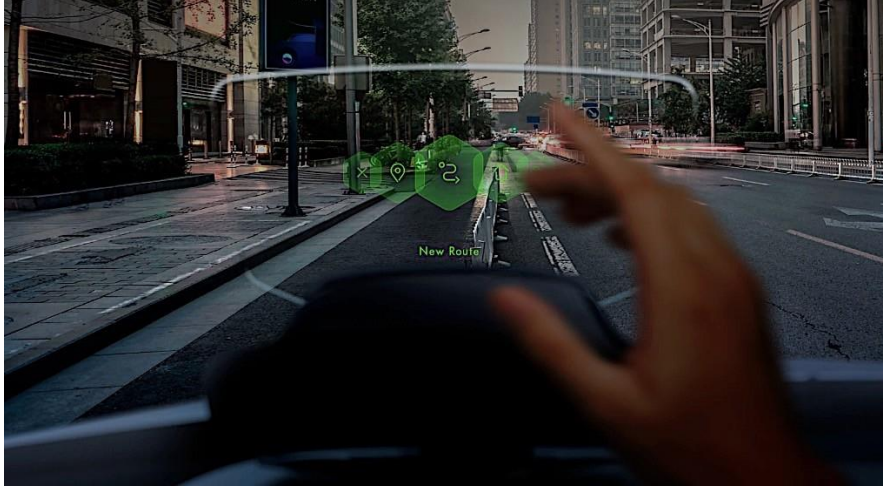
Görsel 10. Parmak Hareketlerine Dayalı İnteraktif Holografik Görüntü, Yamada vd., 2018

Holografik görüntüleme, girişim saçakları kullanarak 3B rekonstrüksiyonu gerçekleştiren bir teknik türdür. Holografik görüntüler, VR ve AR sistemlerinin yanında, gerçek dünya ile 3B dijital alan arasında köprü oluşturan üçüncü bir sütun görevi görmektedir. Bununla birlikte, bu tür cihazlar, yakınsama odaklanma çatışması olmadan her tür 3B görsel algıyı sağlayabilmektedir. Statik holografi 3B görüntüler üretmek bir başlangıç noktası sayılsa da zamanla daha çekici bir AR deneyimi gerekli olmuştur. Araştırmacılar ve şirketler, deneyimi geliştirmek için daha etkileşimli, sürükleyici ve kulaklıksız artırılmış gerçeklik ve holografik yöntemler arayışına girmişlerdir. Japonya'da Chiba Üniversitesi'ndeki bir ekip, elektro-holografik görüntülerin gerçek zamanlı ve sezgisel olarak işlenmesini sağlayan etkileşimli, parmağa duyarlı bir sistem geliştirmiştir (Görsel 10). Bu sistemde, bir hareket sensörü parmak hareketlerini (kaydırma ve kıstırma) algılamakta ve holografik görüntünün döndürülüşüne ve büyütülmesine/küçültülmesine olanak tanımaktadır (Yamada vd., 2018).

Geleneksel holografik yeniden yapılandırma, ışığa duyarlı malzemelerle gerçekleştirilir. Ancak ışığa duyarlı materyaller tekrar tekrar yazılamaz ve silinemez. Ayrıca ışığa duyarlı malzemelere dayalı holografik görüntüleme sistemleri titreşimden kolaylıkla etkilenebilir. Bu nedenle, geleneksel holografik teknoloji VR / AR için uygun değildir. Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesiyle birlikte Bilgisayar Tarafından Üretilen Holografi (CGH), kavramı ortaya çıkmıştır. CGH, dijital olarak holografik girişim desenleri oluşturma yöntemidir. Holografik bir görüntü, bir holografik girişim modelinin dijital olarak hesaplanması ve daha sonra uygun uyumlu ışık kaynağı ile aydınlatma için bir maske veya film üzerine basılmasıyla üretilebilir. Alternatif olarak, holografik görüntü, her seferinde holografik girişim modelinin bir basılı kopyasını üretme ihtiyacını atlayarak, holografik bir 3B ekran ile hayata geçirilebilmektedir.

Son gelişmelerle birlikte, özellikle AR alanında holografi yeniliğini daha da ileri boyuta götürmektedir. Yeni nesil holografik ekranlar; holografik arayüzler, ışıklı alan ekranları, süperstereoskopik ekranlar veya volümetrik ekranlar (Frayne, 2019) olarak çeşitli şekillerde anılmaktadır. Görüntüler yansıtılarak

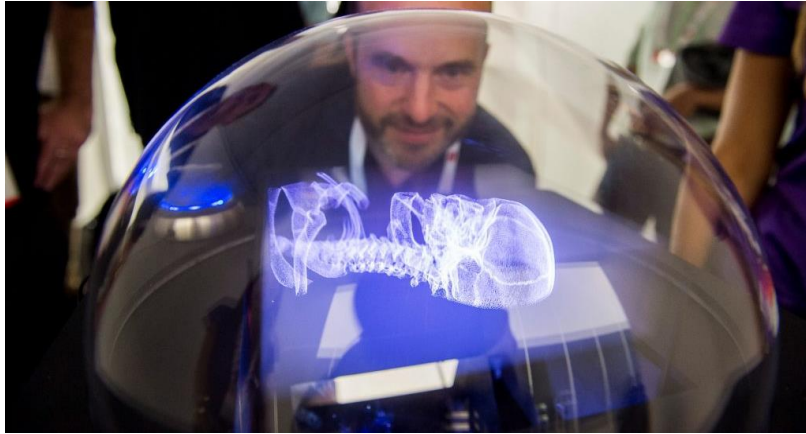
oluşturulduğu için kullanıcıların kulaklık veya akıllı gözlük gibi donanımları takmasına gerek kalmaz. Bu durum, tek bir kullanıcının hologramları engelsiz olarak görüntülemesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda birden çok kullanıcının aynı hologramı birden çok 3B açıdan deneyimlemesini sağlar.



Görsel 11. Navion, WayRay

Bu yeni sistemler, insanların artık sanal karakterlerle ve dünyalarla, bilim kurguda uzun süredir vaat edilen holografik bir gelecekte olduğu gibi etkileşime girebileceği anlamına gelir (Frayne, 2019). Bu atılımın potansiyel uygulamalarıyla, tıbbi görüntüleme, iletişim, 3B tasarım, reklamcılık, endüstri, eğlence ve eğitim gibi neredeyse her sektörün dönüşmesi söz konusudur. Öyle ki otomotiv endüstrisi de aynı şekilde araçlarda *head-up display* (HUD) sistemleri için Holografik gösterim uygulamalarına başvurmuştur (Görsel 11). WayRay firması tarafından geliştirilen Navion, ön konsola yerleştirilerek navigasyon arayüzünü yola yansıtmakta, ayrıca ortaya çıkabilecek tehlikeler için sürücüyü uyarılmaktadır. Jestler ve sesli komut ile de kontrol edilebilen bu yansıtıcı cihaz sürüş deneyimini üst noktalara taşımaktadır.

Holografik görüntünün bir çeşidi olan Super Multi-view veya Light Field Displays olarak da bilinen Süperstereoskopik Ekranlar, holografik kategorideki çok yönlü sistemler olarak, dinamik olarak oluşturulmuş sentetik bir ışık alanı aracılığıyla insanlara gerçek anlamda üç boyutlu sayısız perspektif sunmaktadır. Kullanıcıların bu ekranları deneyimleyebilmesi için ek bir hareketli parça, başlık veya gözlük gerekmemektedir. Bu görüntüler, çok miktarda ışık ışını yayarak çalışır. Geleneksel iki boyutlu bir bilgisayar monitörünün bir sahnenin tek bir görüntüsünü sunabildiği durumlarda, süperstereoskopik monitör aynı sahneyi yüzlerce perspektiften aynı anda sunabilmektedir. Bu yaklaşım, gerçek veya dijital herhangi bir şeyi optimum gerçeklikteki üç boyutlu şekliyle temsil etme yeteneğine sahiptir. Bunu gerçekleştirebilmek için büyük miktarda veri, hesaplama gücü ve çok yüksek piksel yoğunluklarına ihtiyaç vardır. Bu gereksinimler, bu teknolojinin pazara yeni yeni girmeye başlamasının nedenlerinden biridir.



Görsel 12. Voxon Volümetrik Ekranda Görüntülenen Yüksek Çözünürlüklü Medikal Verileri

Holografik teknolojiler altında sınıflandırılan bir başka görüntü türü de ışığın genellikle salınım plakasından veya helezondan dağıtıldığı hacimsel ekranlardır (Görsel 12). Bu volümetrik görüntüleme cihazları, geleneksel ekranların düzlemsel görüntülerinden farklı olarak, derinliği gerçek anlamda simüle eden görsel efektler yerine, bir nesnenin üç fiziksel boyutta temsilini sağlar. Diğer bir deyişle, bu ekranlar x, y ve z eksenlerindeki belirli alanlar üzerinden aydınlatmanın yayılması, saçılması veya aktarılması yoluyla üç boyutlu görüntüler sunar. Volümetrik ekranlar, çıplak gözle görülebilen gerçek üç boyutlu görüntüler oluşturma kapasiteleri nedeniyle otostereoskopik olarak tanımlanır. Bu teknolojinin ayırt edici özelliklerinden biri, izleyicinin bakış açısına göre şekillenen bir perspektif algısı sunarak, kullanıcıların gözlük veya özel ekipman olmadan da derinlik algısına sahip üç boyutlu görüntüler deneyimlemesine olanak tanır. Volümetrik ekranların potansiyel uygulamaları, eğitim, eğlence, tıp ve tasarım gibi çeşitli alanları kapsar ve bu, onları geleneksel görüntüleme teknolojilerinin ötesinde yenilikçi bir seçenek haline getirir.

Sahte hologram türü olarak da bilinen ve 2B hologramlar olarak tanımlanan sistemler ise, hızlı dönen iki boyutlu LED fan düzenekleri (HYPERVSN) ve iki boyutlu yansımalarından oluşur. Bu teknoloji, özellikle reklam ve eğlence sektörlerinde, izleyicilerin 10 metre veya daha fazla uzaklıkta olduğu durumlarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. İnsanların stereoskopik algısının mesafe arttıkça azalması, bu tür hologramların iki boyutlu görüntülerden yola çıkarak üç boyutlu bir algı oluşturmasını mümkün kılar. Bu sahte hologramlar, doğrudan optik illüzyon prensiplerine dayanarak tasarlanır. Bu prensipler, nesnelerin ışıkla olan etkileşimleri ve izleyicinin bakış açısı göz önünde bulundurularak hazırlanır. Böylece, iki boyutlu görüntüler, izleyicinin beyninde üç boyutlu bir perspektif algısı yaratmak üzere özenle tasarlanır. Hologram teknolojisinin eğlence ve reklamcılıkta kullanılması, görsel deneyimleri zenginleştirerek tüketici ilgisini artırır ve sunulan ürün veya mesajların daha etkili bir biçimde iletilmesine olanak tanır. Bu teknolojiler, özellikle uzaktan izleme durumlarında, iki boyutlu bir platformdan üç boyutlu görünümüne sunarak görsel illüzyonların gücünden faydalanır. Bu bağlamda, sahte hologramlar, izleyiciler üzerinde derinlemesine bir etki bırakacak şekilde kurgulanmış, multidisipliner bir yaklaşımın ürünü olarak ön plana çıkar.

Looking Glass Factory, holografik teknolojiler alanında dikkat çeken yenilikçi çalışmalarıyla tanınmaktadır. Bu firma, özellikle üç boyutlu görsel içerikleri stereoskopik görüntüleme gerektirmeden doğrudan gözlemleyebilen holografik ekranlar geliştirmesiyle ön plana çıkar. Looking Glass Factory'nin geliştirdiği ürünler, kullanıcılara çok katmanlı derinlik hissi sunarak, interaktif medya ve görsel içeriklerle etkileşimde yeni bir boyut açar. Microsoft'un HoloLens gibi karma gerçeklik (MR) cihazları, kullanıcıların hologramlarla etkileşimini kişisel bir deneyimle sınırlarken, Looking Glass Factory bu kısıtlamayı aşmayı hedeflemektedir. Bu firma, holografik görüntülerin sadece belirli kullanıcılar tarafından değil, herkes tarafından görülebilmesini sağlamak için çalışmalar yapmaktadır. Looking Glass Factory'nin çalışmaları, mucitler, mühendisler, oyun geliştiricileri ve sanatçıları bir araya getirerek çok disiplinli bir yaklaşım sergilemektedir. Ekip, bilim kurgu filmlerinde gösterilen holografik teknolojilerin gerçek dünyadaki uygulamalarını keşfetmek için çalışmaktadır. Özellikle "Star Wars", "Iron Man" ve "Azınlık Raporu" gibi popüler filmlerdeki hologramları gerçeğe dönüştürme hedefi, bu teknolojinin popüler kültürdeki etkisini ve potansiyelini gözler önüne sermektedir. Looking Glass Factory'nin çabaları, holografik görüntüleme teknolojisinin sadece eğlence ve oyun sektöründe değil, aynı zamanda eğitim, sağlık ve endüstriyel tasarım gibi alanlarda da kullanılmasının önünü açmaktadır. Bu teknolojinin gelişimi, kullanıcıların üç boyutlu verilerle doğrudan ve doğal bir şekilde etkileşime girmesini sağlayarak, bilgi işlem ve veri görselleştirmenin geleceğine dair yeni perspektifler sunmaktadır.

Looking Glass Factory tarafından geliştirilen HoloPlayer One ise, holografik teknolojilerdeki yenilikçi yaklaşımların somut bir örneği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu cihaz, interaktif bir ışık alanı ekranı ve bir geliştirme kiti olarak tanımlanır. Görünüm olarak bir dizüstü bilgisayarı andıran HoloPlayer One, benzer şekilde açılarak kullanıcıların üç boyutlu holografik görüntülerle doğrudan ve fiziksel temas gerektirmeyen bir şekilde etkileşim kurmasına olanak tanır. HoloPlayer One'ın ışık alanı ekranı, kullanıcıların ellerini havada kullanarak cam panel üzerindeki üç boyutlu görüntülerle etkileşime geçmelerini sağlar. Bu teknoloji, Google'ın Tilt Brush uygulaması gibi sanal gerçeklik araçlarına benzer bir etkileşim modeli sunar, ancak kullanıcıların elle dokunmadan holografik ekran üzerinden etkileşimde bulunmalarını mümkün kılar. HoloPlayer One gibi gelişmiş holografik görüntüleme teknolojileri, kullanıcıların sanal nesnelere doğal ve intuitif bir şekilde etkileşime girmelerini sağlayarak, çok kullanıcı ve etkileşimli holografik deneyimlerin geliştirilmesine imkân tanır. Bu tür teknolojiler, sanat, eğlence, eğitim ve tıp gibi çok çeşitli alanlarda yeni uygulama olanakları açar. Özellikle sanat ve tasarım alanında, kullanıcılar bu teknolojiyi kullanarak üç boyutlu holografik kompozisyonlar oluşturabilir, eğitimde ise karmaşık anatomik yapıların veya tarihi olayların holografik rekonstrüksiyonları üzerinden öğretim yapılabilmektedir.

3. Sonuç

Geçmişte holografik teknolojiler, temelde bir bilim ve mühendislik alanı olarak kabul edilirken, sanatsal alanda kabul görmesi noktasında önemli dirençlerle karşılaşmıştır. Eleştiriler genellikle, holografinin sanatsal ifadeler için uygun bir ortam sağlayıp sağlamadığı ve *holografik* teriminin aşırı teknik algılanması üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, sanatçılar için her zaman yeni ifade biçimleri keşfetmek ve mevcut sınırları aşmak temel bir arayış olmuştur. 20. yüzyılın son çeyreklerinde, sanatın sınırlarının genişletilmesi ve teknoloji ile entegrasyonu, giderek artan bir kabul görme sürecine girmiştir. Bu dönemde, sanatçılar uzay, zaman, hareket ve ışık gibi kavramları keşfetmek için holografiiyi bir araç olarak benimsemişlerdir.

Sanatta ışığın temsil edilmesi, tarih boyunca sanatçıların ilgisini çekmiş bir konu olmuştur. Holografi, bu ilgiyi daha da ileri taşıyarak, insan gözünün doğal algısına yakın üç boyutlu görüntüler sunma potansiyeli ile dikkat çeker. Holografik teknolojilerin sanat dünyasına entegrasyonu, sanatçılara eserlerinde derinlik ve dinamizm katma fırsatı tanımıştır. Bu teknoloji, sanatçılara sadece yeni bir ifade alanı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda eserlerine bireysel yorum katma özgürlüğü de sunar. Holografi kullanımı, sanatçının bilimsel konseptlerle etkileşimde bulunmasını ve bu bilgileri sanatsal bir çerçevede yeniden yorumlamasını gerektirir, bu da sanat ile bilim arasındaki sınırları daha da belirsizleştirir.

Teknolojik ilerlemelerin etkisiyle, bilim insanları holografiiyi, günlük yaşamın çeşitli alanlarında, örneğin güvenlik, tıp ve eğlence sektörlerinde kullanılan yenilikçi bir teknik olarak değerlendirmektedirler. Bu çift yönlü yaklaşım, holografinin hem sanatsal hem de teknolojik bir araç olarak potansiyelini pekiştiren sürekli bir diyalog ortamı yaratmıştır. Holografi, ışık, zaman, hareket ve mekân gibi unsurları bir araya getirerek, bu elementlerin birleşiminden doğan büyüleyici olanakları ortaya koymuştur. Bu kapsamda, holografik süreçlerin gelişimi hem sanatçılar hem de bilim insanları için fiziksel gerçeklikler ile hayal gücünün kesiştiği bir alan olarak sınırların ötesini keşfetme fırsatı sunar. Bu yenilikçi vizyon, geleceğe dönük, sınırları zorlayan bir perspektif olarak kritik bir öneme sahiptir.

Kaynakça

- Alam, S., Bellini, H., Chen, W., Shin, M., Sugiyama, M. ve Takayama, D. (2016). *Profiles in innovation: Virtual & augmented reality. Understanding the race for the next computing platform*. Goldman Sachs Research.
- Benyon, M. (1973). Holography as an art medium. *Leonardo*, 6(1), 1-9.
- Coyle R. (1990). Holography: Art in space of technology. Hayward, P. (Ed. *Culture, technology and creativity in the late twentieth century* (s. 65-88) içinde. John Libbey/Arts Council of Great Britain.
- Frayne, S. (2019, Eylül 17). *Holograms, VR, AR and the future of reality*. Looking Glass Blog. <https://lookingglassfactory.com/blog/holograms-vr-ar-and-the-future-of-reality>
- Holden, C. (1979). Holoart: Playing with a budding technology. *Science*, 204(4388), 40-41.
- HoloCenter. (t.y.). *Different types of hologramms*. <https://holocenter.org/what-is-holography/different-types-of-holograms>
- Holophile. (t.y.). *The history of holography*. <http://www.holophile.com/history.htm>
- Holos Gallery. (t.y.). *About holos gallery*. Gary Zellerbach. <https://www.garyzellerbach.com/HGO/aboutg.html>
- Integraf. (1973, Ocak). *Dr. Tung J. Jeong biography*. Integraf. <https://www.integraf.com/about/tung-h-jeong>
- Kurzen, A. (1983). Holographic stereograms in assemblage. *Leonardo*, 16(1), 10-14.
- Lightfoot, D. (1989). Contemporary Art-World Bias in regard to display holography: New York City. *Leonardo*, 22(3/4), 419-423.
- MIT Museum, (t.y.). *Holography: The Light Fantastic*. <http://web.mit.edu/museum/exhibitions/holography-thelight-fantastic.html>
- Nicholson, A. M. (1989). Some thoughts on holographic portraiture. *Leonardo*, 22(3), 369-373.
- Sapan, J. (2020, Haziran 9). *How to make a single beam reflection hologram*. Holographer. <https://www.holographer.com/single-beam-reflection-holograms/>

Yamada, S., Kakue, T., Shimobaba, T. ve Ito, T. (2018). Interactive holographic display based on finger gestures. *Scientific Reports*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20454-6>