

# HOLOGRAM NEDİR, NASIL İŞLER?

Giderek güncellenen hologram kavramı, yalnızca üç boyutlu bir kayıt etme tekniği değildir. Laboratuvarlarda, sanayi alanında, reklâmcılıkta, mühendislikte, iletişimde ve daha bir sürü alanda kullanım olanağı bulmasının yanısıra ve belki daha da önemlisi, evreni anlama konusunda fırsatlar yaratmıştır. Evrenin ve insan beyninin holografik olarak çalıştığı konusundaki bilimsel görüş, ağırlık kazanıyor. 3 bölümlü bu yazı dizimizde, önce teknik özellikleri ile hologramı tanıyacağız. Sonra hologramı insanla bağdaştıran ve insan beyninin işleyişini daha iyi anlamamızı sağlayan "Hologram ve İnsan Beyni"ni göreceğiz. Sonra da, boyutu insandan evrene çevirecek, evreni ve var oluşu "Yeni Bir Fizik Anlayışına Doğru" adlı yazıda, yine holografik olarak inceleyeceğiz.

### Aydın ARITAN

**H**ologram sözcüğü, ilk olarak 1960'lı yıllarda dünya bilim çevrelerinde duyulmaya başlandı. 1980'lerde ise çeşitli alanlardaki kullanımı arttı ve ilgi alanı genişledi. Öylesine ki, artık fizik ve kimyadan, psikoloji ve mistisizme dek, bilimsel düşüncenin içinde yer almaya başladı. "Hologram ne demektir, nasıl işler, nerelerde kullanılır?" gibi sorular, Türk okurlarını da ilgilendirmeye başlamış bulunuyor. Bu yazımızda, hologram kavramını tüm yönleriyle ele alarak, konuyu okurlarımız için anlaşılır kilmaya çalışacağız.

### HOLOGRAM NEDİR?

En kısa tanımıyla *hologram*, üç boyutlu bir görüntü kaydetme yöntemidir.

Hologram, "tam kayıt" ya da "eksiksiz mesaj" anlamına gelmektedir. Fotoğrafçılıkta olduğu gibi, bir görüntüyü kaydetme mekanizmasının bütününe verilen ad ise "holografçılık"tır.

Fotoğraf çekmek, iki boyutlu bir tekniktir. Görüntü saptanmak istenen cisim, fotoğraf makinesinin merceğinden geçerek, negatif film üzerine kaydedilir. Cisimden geçen ya da yansıyan ışınlar, fotoğraf filmi üzerinde aydınlık, yarı aydınlık ve karanlık bölümler oluşturarak, cisim ve çevresini belirler. Pozlandırma sırasında filmin ışığa duyarlı tabakası, bu ışınların gelişine göre etkilenir ve biçim alır. Bu negatif film banyo edildikten sonra, kartın üzerinde cismin pozitif görüntüsü, iki boyutlu olarak çıkmış olur.

Eğer çekilen resimde birbirleriyle farklı uzaklıkta bulunan iki ayrı cisim varsa, bunlardan biri net öbürü

ise bulanık (flü) çıkacaktır. Çünkü iki boyutlu bir kayıt tekniği olan fotoğrafta, "derinlik" yoktur. Uzaklıkları ne olursa olsun, tüm cisimler aynı düzlemde yer alırlar.

Bunu açıklamaya çalışalım: Fotoğraf çekmek, insan gözünün görme işlemi ile aynı temele dayanır. Bir cisimden geçen, yansıyan ya da kırılarak gelen ışınlar, göz merceğinden geçer ve retina üzerinde o cismin görüntüsünü oluşturur. Fotoğraf makinesinin objektifi de, bunu film üzerinde gerçekleştirir. Ancak, bir farkla. Film plâkası, ışık dalgalarının yalnızca genliğine (amplitüdüne) duyarlıdır. Bu nedenle de, pozitif film cisimdeki ışık dalgalarının tümünü yansıtamaz. Örneğin, ışığın nereden geldiğini belirleyecek olan fazını kaydedemez; böylece de resmin derinliği kaybolmuş olur.

Fotoğrafın ikinci yetersizliği, "paralaks"ın olmayışıdır. *Paralaks*, bir cismin etrafında döndüğümüzde ya da o cisme bakış açımızı değiştirdiğimizde, onun değişik yanlarını görebilmemiz olayına verilen addır. Bunu başka bir deyişle ifade etmek istersek, cismin bir noktasının görüntüsü, fotoğrafın yalnızca bir noktasına kayıt edilir. Resme bakış açımızı değiştirecek bile, resim hep aynı kalacak, görüntüsünün başka yanlarını görmek mümkün olmayacaktır.

### HOLOGRAMIN FOTOĞRAFTAN FARKI

Hologramın fotoğraftan en büyük farkı, *hologram plâkasına* cisimlerin görüntüsünün değil, o görüntünün elde edilmesi için gerekli bilgilerin kayıt edilmiş olmasıdır.

Fotoğraf çekiminde doğal (güneş) ya da yapay (flaş, lamba) ışık kaynakları kullanılır. Bunlar, büyük boyutlu kaynaklardır ve "koheran (uyumlu)" olmayan ışık kaynakları olarak anılırlar. Koheran olmayan kaynaklar çeşitli dalgalı boyullarında ışık yayar; bu da, onların çok renkli olmalarına ve de çevreye dağılmalarına yol açar.

Hologram kayıtlarında ise, laser ışını kullanılır. Laser, koheran bir ışık kaynağıdır. Küçük boyutlu olan bu tür kaynakların her noktasından çıkan ışık dalgaları arasında faz bağlantısı vardır. Işın tek dalgalı boyulu, böylece de tek renklidir ve boşlukta dağılmadan yol alır.

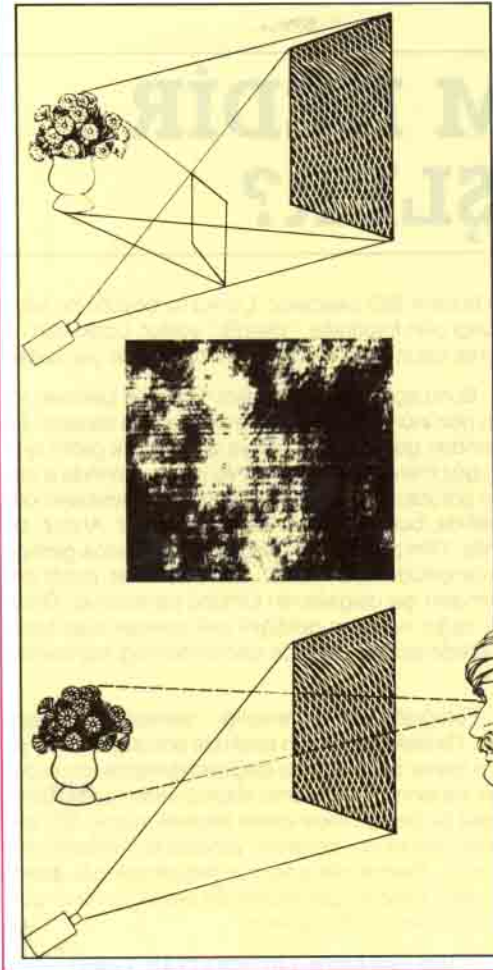
Hologram plâkasına nasıl kayıt yapıldığını ve sonra da bunun nasıl yeniden okunduğunu önce matematiksel, sonra da daha kolay anlaşılabilir bir biçimde açıklayalım.

## EN BASİT VE ANLAŞILIR BİÇİMİYLE HOLOGRAM YAZILIM VE OKUNUŞUNU ŞÖYLE ANLATABİLİRİZ:

**1. Hologramın oluşumu (Yazılım) :** Bir laser kaynağından gelen ışın, ikiye ayrılır. Bu ışınlardan biri hologram plâkasına doğrudan ulaşır, öbürü ise görüntülenmek istenen cisme yöneltilir ve oradan yansarak hologram plâkasına varır. Hologram plâkasına doğrudan gelen laser ışını ile cisimden yansarak gelen laser ışını, bu plâka üzerinde bir girişim modeli oluştururlar. Böylece cismin görüntüsü kaydedilmiş olur.

**2. Büyütülmüş hologram filmi :** Hologram plâkasına kayıt, siyah - beyaz olarak (ya da herhangi bir laser ışını renginde), yani renkli olmadan yapılır. Bu kayıt, birbirleriyle girişen ve kesişen dalgalar biçiminde gerçekleşir. Büyütüldüğünde ortada resim görünmez, bir ipekli kumaş izlenimi verir.

**3. Hologramdan resmin elde edilişi (Okunuş) :** Kayıt sırasında kullanılan frekansta ve aynı açıdan yeni bir laser ışını ile hologram plâkası pozlandırılacak olursa, görüntülenen cisim, 3 boyutlu olarak, odanın içinde canlanır (tek renkli olarak). Plâka, kendisine gelen ışınları tıpkı görüntüsü saptanan cisim gibi yansıtacağı için, görüntü net ve eksiksiz olacaktır.



Laser kaynağından çıkan ışın, yarı geçirgen bir ayna tarafından ikiye bölünür. Bu aynadan "yansıyan ışın" 1 ve 2 nolu merceklerle gönderilir. Tek olarak gelen ışın, bu mercekler tarafından birbirine paralel iki ayrı ışın olarak *hologram plâkasına* ulaştırılır. Yarı geçirgen aynadan "geçen ışın" ise, 3 ve 4 nolu merceklerle gelir. Burada yine birbirine paralel iki ayrı ışın haline gelir ve sağ üst tarafındaki aynaya yollanır. O aynadan yansıyan ışın, yine hologram plâkasına ulaşır. Ayrı yollardan geçerek gelen ışınlar, hologram plâkası üzerinde bir *girişim (enterferans)* oluştururlar. Görüntülenecek olan cismin bilgilerini içeren kayıt, tamamlanmıştır. Pozlandırma işlemi bittikten sonra, hologram plâkası banyo edilir. Daha sonra ise, aynadan "yansıyan ışın"larla tekrar aydınlatılır. Aynı ışın şartları ve açıları sağlandığı takdirde, cisim üç boyutlu olarak gözlerimizin önünde canlanır.

Bir havuz düşünün, içine iki taş atalım. Her taş, kendi etrafında düzgün biçimde genişleyen halkalar oluşturacaktır. İki halkanın birbirine geçmesi, bir *girişim* modeli yaratır. Eğer iki dalga birbirini desteklerse, dalgaboyu iki misli olur. Bir yükselen dalga, alça-

lan bir dalga ile karşılaşır, birbirini etkiler, söndürür ve düz hale gelirler. İki dalga da, alçalan eğilimdedirse, ortaya iki kat alçalan bir eğri çıkar.

Işınlar da böyledir. Kesişen ışın dalgaları, çeşitli girişim modelleri oluştururlar. Havuzdaki taşta benzer biçimde, koheran bir ışın kaynağı olan laser, belirli bir frekansta, düz olarak ışını yollar. Aynalar yardımıyla ikiye bölünen bu ışınlardan biri cisimden yansarak hologram plâkasına ulaşırken öbürü ayna ve mercekler yardımı ile plâkaya doğrudan varır. Böylece aydınlık ve karanlık bölgelerden oluşan girişim modeli ile cisim plâkaya kaydedilmiş olur.

Hologram plâkası, ışıkta, gri bir tabaka görüntüsü verir. Ama doğru açıdan ve doğru frekansta bir laser ışını plâkaya yöneltilecek olursa, girişim modeli yeniden oluşturulur ve üç boyutlu hologram resmi gözler önüne serilir.

Bu bölümü, ancak *hologramın* sağlayabildiği ve normal bir fotoğrafın veremediği özellikleri özetleyerek kapatalım:

1. Hologramın çevresinde dolanarak veya bakış açımızı değiştirerek, sanki cismin çevresinde dönüyor gibi, onu çeşitli açılardan görebiliriz. Paralaks adı verilen bu özellik, cismin resminin üç boyutlu olarak verilebilmesiyle sağlanmaktadır.

2. Dolayısı ile iki boyutluluk sınırı aşılmış ve uzaklık - yakınlık gibi, derinlik kavramı da, kaydedilen resimde yer almıştır. Yani resmin her yanı uzaklık farkı olmaksızın nettir.

3. Hologramın en önemli özelliği ise, her noktasının, bütün cismin görüntüsünü verebilmesidir. Hologramın tek noktasına cismin her tarafından ışın dalgaları gelmekte ve orada kaydedilmektedir. Bu nedenle hologram plâkası ne kadar koparılsa, kırılrsa bile, her parça, bütünün bilgisini içinde taşır ve gerektiğinde bütünün tam görüntüsünü tek başına verir. İşte bu özellik hologramın mistik düşünceyle bağdaştırılmasını sağlamaktadır.

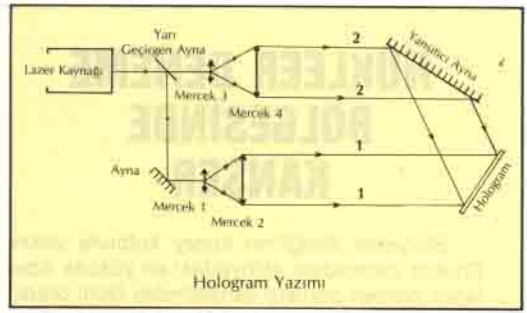
## HOLOGRAMIN GELİŞİMİ

Hologramın yapılabilmesi, ışık dalgalarının yeniden kurulmasına bağlıdır. Bu teoriyi ilk kez İngiliz fizikçi Dennis Gabor açıklamıştır. *Fourier Analizi* adı verilen matematiksel teknik yardımıyla hologramı bulan Gabor'un 1948'li yıllardaki tekniği, günümüzde çoktan aşılmıştır. Fourier Analizi, herhangi karmaşık bir modelin (ses, görüntü gibi) onu oluşturan sinüs dalgalarına, yani yapı elemanlarına (bileşenlerine) ayrılması işlemidir. Gabor da aynı ilkelere dayanarak, kendi hologram teorisini kurmuştur. Daha sonraları 1960'da Maiman, laser kullanmayı başararak, hologram tekniğinde yeni bir sayfa açmıştır. 1962'de Leith ve Upatnisek adlı iki araştırmacı, kaydedilen ışının yanına, ikinci bir ışık dalgası eklemeyi başarmışlar ve böylece gerçek ve yapay görüntüleri birbirlerinden ayırmak mümkün hale gelmiştir.

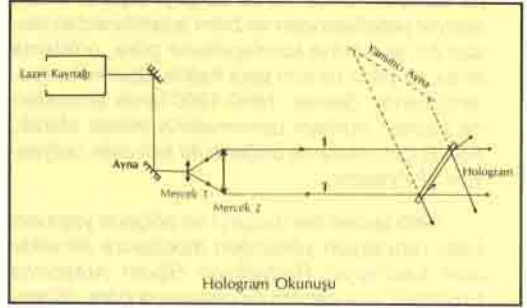
Hologramın kaydedildiği plâkalar genelde, bir cam tabakasının üzerine ışığa duyarlı ince taneli gümüş tuzlarından oluşan bir emülsiyon sıvanarak elde edilir. Bu levha üzerine, birbirinden farklı birkaç cisim görüntülemek mümkündür. Duyarlı tabakası kalın olan levhalar üzerine 200 civarında kayıt yapılabilir. Kayıt bitikten sonra bu plâkalar banyo edilir. Bunları silmek ve yeniden kullanmak imkânı yoktur. Ayrıca banyo ettikten sonra, bir de plâkanın kurutulması işleminin zorunlu oluşu, bunların hemen seyredilmesini engeller. Gelişen teknoloji ile birlikte silinip, yeniden kayıt yapılabilen, anında görüntü verebilen hologram plâkaları üretilmiştir. Bu plâkaların yapımında, ışığa tutulunca kırılma indisi ve kalınlığı değişen polimerler, renk değiştiren fotokromikler ve kuvvetli bir aydınlatma ile yerel olarak ısınan termik filmler, termo plastikler ve elektro - optik kristaller kullanılmaktadır.

## HOLOGRAM NERELERDE KULLANILIR?

Önceleri yalnızca laboratuvarlarda kullanılan bir teknik olan hologram, günümüzde giderek daha çok



Hologram Yazımı



Hologram Okunusu

tanınmakta ve gelişen tekniğe paralel olarak, günlük kullanıma dek hayatın içine girmektedir. Hologram plâkalarından oluşan sanat sergileri açılmakta, tiyatro oyunlarında dekor olarak kullanılmakta, hatta sinema filmlerinde büyük ve kalabalık sahnelerin çekiminde işe yaramaktadır. Sanat dünyasında arşiv kayıtlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Asılları müzede dururken, değerli eserlerin dünyanın her yerinde hologramlar aracılığı ile sergilenmesi düşünülmektedir.

Mimarîde, maketleri broşürlere basmak yerine, küçük ve rahat taşınabilir hologramlar ile müşterilere çekici görüntüler sunulabilir. Hologram kullanımı ile reklâmcılık alanında da sonsuz imkânlar açılabilir.

Kuyumcular artık, kıymetli mallarını içeride, kasada tutarken, vitrine o malların hologramını koyacaklardır. Teknik haberleşmede, optik lifler arası geçişte yine hologram kullanılabilir. Uçaklarda pilotlara kolaylık sağlanması için hologramdan yararlanma, bir süredir uygulanmaktadır.

Hologramın kullanım alanları, daha çok teknik kollarında ortaya çıkmaktadır. Opto - elektronik kristaller kullanılarak üretilen hologram plâkalarında, cismin kendisi ile başka bir anda çekilmiş görüntüsünü (ya da iki ayrı andaki görüntüsünü) üstüste getirmek mümkün olmaktadır. Böylelikle metalurjide, uçak parçalarının, oto lastiklerinin kontrolünde ve benzeri birçok yerde işe yaramaktadır. Örneğin, sürtünme sonucu aşınmanın belirlenmesi de yine aynı biçimde, hologramdaki görüntülerin çakışıp, çakışmaması ile belirlenir. Görüntünün farklılaşması sonucunda, o yerde açıklı koyulu eğri şeritler belirir. İşte orası aşınmanın başladığı yerdir. Böyle büyük hacimli cisimleri, başka hiçbir teknikle, bu kadar mükemmel olarak kontrol etmek mümkün değildir.

# NÜKLEER DENEME BÖLGESİNDE KANSER

Sovyetler Birliği'nin kuzey kutbuna yakın Chukot yarımadası, dünyadaki en yüksek özefagus (yemek borusu) kanserinden ölüm oranına sahiptir. Geçenlerde bölgeyi ziyaret eden, Sovyet yetkililerinden ve bilim adamlarından oluşan bir araştırma komisyonuna göre, ortalama ömür 45 yıldır ve tüm yerli halkta tüberküloz (verem) vardır. Sebep, 1950-1960'larda atmosferde yapılan nükleer denemelerin mirası olarak, SSCB için ortalama değerini iki katı olan radyasyon seviyesidir.

1960'lardan beri bölgeyi ve bölgede yaşayan halkı radyasyon yönünden monitörize etmekte olan Leningrad Radyasyon Hijyen Araştırma Enstitüsü'nce yapılan bir çalışmaya göre, düzenli olarak radyasyonlu ren geyiği eti yediklerinden, ren geyiği bakıcıları daha da yüksek seviyelerde radyasyona maruz kalmaktadır. Bu bakıcıların kemiklerindeki kurşun-210 ( $^{210}\text{Ld}$ ) seviyesi, normal seviyeden on ilâ yirmi kat daha yüksektir ve vücut dokuları da normal seviyenin yüz katı daha fazla sezyum-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) içermektedir.

Bağışıklık sisteminin baskılanması, verem gibi hastalıkların artmasına, sindirim sisteminin vi-

ral, bakteriyal ve paraziter enfeksiyonlarının yaygın olarak ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Halkın % 90'ından daha fazlasında kronik akciğer hastalığı vardır. Yüksek tansiyonlu hastaların sayısı 1959'da % 1'den az iken, şimdilerde % 20'nin üzerindedir.

Bölgedeki kanser oranı, SSCB genel ortalamasının üç katıdır. Karaciğer kanseri sıklığı on kat, akciğer kanseri sıklığı ise, üç kat daha fazladır. Mide kanseri olanların sayısı son yirmi yılda iki kat artmıştır. Daha önce ender görülen kanser türleri, şimdilerde sıklıkla ortaya çıkmaktadır.

Komisyon, tüm erişkinlerin kanserli olduğu bir köyü ziyaret etti. Çeşitli enstitülerin istatistiklerinden de yararlanan komisyon, bölge halkının ortalama ömrünü yaklaşık 45 yıl olarak hesapladı (Hükümetin resmî rakamından 11 yıl daha az).

Moscow News'te de yazan, komisyon üyelerinden Vladimir Lupandin ve Yevdokia Gayer, niçin kendi hesaplamalarını yaptıklarını şöyle açıklıyor: "Resmî istatistiklere başvurmanın bir anlamı yok; çünkü güvenilir değil." Komisyon, ayrıca bebek ölümlerinin 1000 bebekte 70-100 olduğunu (resmî rakamın 4 katı) ve giderek artmakta olduğunu tahmin ediyor.

New Scientist'ten çev.: İhsan Refik KURLAR

Araştırmalarda hologramın tercih edilme nedeni, bu tekniğin incelenen olayı inceleme sırasında etkileyip, değiştirmemesindedir. Örneğin bir alevin sıcaklığını, basıncını ya da hızını ölçmek için bir ölçüm aleti alevle sokulursa, alevle alet karşılıklı olarak birbirlerini etkiler ve sıcaklık, basınç ya da hız değişir. Yani doğru bir ölçüm yapmak mümkün olmaz. Hologram kullanılması halinde, ölçüm için ışık dalgaları kullanılır. Bu da ortamı etkilemez ve ölçümü bozamaz.

Hologram, küçük ayırt etme limitleri ile büyük bir alan derinliğini aynı anda gerçekleştirir. Bu nedenle çok küçük ve çok hızlı parçaların bulunduğu deneylerde de kullanılır. Parfümlerdeki eriyik içindeki parçaların homojen olmaları, otomobil motorlarında yanma odasına püskürtülen yakıt taneciklerinin dağılışı ve benzeri birçok test, böyle deneylerle kontrol edilir. Bunların bazıları kalite kontrolünde, bazıları da tasarruf sağlayabilmek için kullanılır. Ayrıca bilgilerin stoklanıp saklanması, optik sistemlerdeki hataların düzeltilmesi, jeolojik araştırmalarda kullanılması gibi alanlar da, hologramın sağladığı yararlar kapsamına girer. Bu örnekleri uzatmak mümkün. Ama bizim bu yazıdaki amacımız, Hologram konusunun genel bir tanıtımını yapmaktır. Bu nedenle örnekleri ve kullanım

alanlarını sıralamaya son veriyoruz.

Şüphesiz ki, teknoloji geliştikçe hologramın kullanım alanları ve sağladığı yararlar da artacak. İnsanlara daha iyi, daha güzel ve daha gelişmiş bir hayat sağlama çabaları içindeki yerini de sağlamlaştıracak. □

