

## HOLOQRAFİK TEXNOLOGİYALARIN PRİNSİPLƏRİ

*Zakaryayev Z.*

*Heydər Əliyev adına Hərbi İnstitut  
Bakı, Azərbaycan*

## PRINCIPLES OF HOLOGRAPHIC TECHNOLOGIES

*Zakaryayev Z.*

*Military Institute named after Heydar Aliyev  
Baku, Azerbaijan*

### Xülasə

Virtual reallıq kimi, holoqrafik texnologiya da insanların, yerlərin və obyektlərin üçölçülü təsvirlərini yaratmaqla daha immersiv vizual təcrübə verməyə qadirdir. Holoqrafiya üçölçülü, realistik təsvirləri əldə etmə üsuludur. Onların yaranması üçün fotoaparat yerinə lazer texnologiyasından istifadə olunur. Holoqram yaratmaq məqsədilə lazer şüası iki hissəyə bölünür. Şüanın bir hissəsi əşya üzərinə düşürək fotolövə üzərinə əks olunur. İkinci şüa isə güzgülərlə əyilmiş lövhə üzərinə birbaşa əks olunur. Foto-lövə aydınlaşdırılır və ağ-qara təsvir, holoqram yaranır. Məqalədə müxtəlif ölkələrdə holoqrafik texnologiyanın prinsipləri ətraflı şəkildə araşdırılmış və təhlil edilmişdir.

### Abstract

Like virtual reality, holographic technology is capable of providing a more immersive visual experience by creating three-dimensional images of people, places, and objects. Holography is a method of obtaining three-dimensional, realistic images. For their creation, laser technology is used instead of a camera. In order to create a hologram, the laser beam is split into two parts. Part of the beam falls on the object, thereby reflecting on the photographic plate. The second beam is directly reflected on the curved plate with mirrors. The photo-plate is clarified and a black-and-white image, a hologram, is created. The article examines in detail the interpretations of the principles of holographic technology in different countries.

**Açar sözlər:** holoqram, holoqrafiya növləri, holoqrafik aspekt, holoqrafik prinsip, holoqrafik yaddaş.

**Keywords:** hologram, types of holography, holographic aspect, holographic principle, holographic memory.

### Giriş

Holoqrafik texnologiyanın demək olar ki, sonsuz imkanları öyrənməni daha əyləncəli və həyəcanlı edə bilər və insanların müəyyən bir mövzuda informasiyanı mənimsəyə və saxlaya bildikləri məlumatın miqdarını artırma bilər. Holoqrafik texnologiya insanların marağını stimullaşdırmaq baxımından virtual reallığı effektiv şəkildə tamamlayır.

Görünən holoqrafiya lazerlərdən gələn koherent işığın xüsusiyyətlərindən istifadə edərək üçölçülü fotoqrafiya prosesidir. Holoqrafiya sözü yunanca "qolos" tamamilə və "graphein" yazmaq sözlərindən gəlir. Buna görə də, holoqrafiya "hər şeyi təmsil etmək" deməkdir. Holoqrafiya prinsipi Dennis Qabor tərəfindən 1948-ci ildə İngiltərənin Reqbi şəhərindəki Tomson-Hyüston şirkətində elektron mikroskopların təkmilləşdirilməsi üzərində işləyərkən kəşf edilmişdir.

Yalnız 1960-cı illərdə lazerlərin inkişafı zamanı onun optik dalğalarla tətbiqi ABŞ və SSRİ-yə paralel olaraq həyata keçirilmişdir. Holoqramı qeyd etmək üçün nəzərdə tutulan obyektə gələn işıq şüasının amplitudasını və fazasını dayaq üzərində kodlaşdırmaq lazımdır. Bunun üçün, iki koherent şüa bir fotosəkil lövhəsinə təsir etməlidir. İstinad dalğası adlanan birinci şüa birbaşa lövhəyə göndərilir. Obyekt dalğası adlanan ikinci şüa, fotosəkil çəkiləcək obyektə göndərilir ki, bu da bu işığı fotoqrafiya lövhəsi istiqamətində yayır. Bu şəkildə əmələ gələn fiqur cismin dalğasının amplitudası və fazasına, yəni cismin kosmosdakı formasına və mövqeyinə aid bütün məlumatları özündə əks etdirir.

Holoqram, müəyyən bir səhnənin mürəkkəb sahə amplitudunun dayaq şüası ilə müdaxiləsini əks etdirdiyi üçün fəthəssas bir cihaz tərəfindən onun baxış sahəsində görünən səhnənin həm amplitudasını, həm də fazasını qeyd edir [1].

Holoqrafik qeyd müdaxilə fenomenini əks etdirdiyi üçün istifadə olunan işıq şüası yalnız ardıcıl olduqda mümkündür. Bu tələblərə cavab verən yeganə işıq mənbəyi lazerdir. Məqalədə holoqramdan əks olunan işıq şüasının fazası, holoqrafiyanın növləri və müxtəlif aspektləri barədə geniş tədqiqatlar şərh edilmişdir.

### Holoqrafik prinsiplərin əsas xassələri

Holoqramların istifadəsi üçölçülü təsvirlərin təsiredici əhatəsindən kənara çıxdığından, holoqrafiya ilə əhatəli məlumat saxlama sistemlərini yaratmaq mümkün olmuşdur. Çap olunmuş səhifədəki bütün nöqtələrdən əks olunan işıq şüası, holoqramın hər bir nöqtəsinə təsir etdiyindən, bir neçə dalğa uzunluğundan böyük olan film çərçivəsinin bölgələri bütün səhifəni yenidən qismən qura bilər. Bundan əlavə, qalın fotoqrafiya təbəqəsi üzərində ardıcıl səhifələrin ardıcıl holoqramları hazırlana bilər. Hər bir səhifənin ekspozisiyası bir qədər fərqli bucaqlar altında yönəldilmiş şüa ilə aparılır. Əldə edilən holoqramı müəyyən bucaq altında işıqlandırmaqla uyğun nöqtədən yalnız istədiyimiz səhifəni görə bilərik. Beləliklə, incəsənət muzeyindəki bütün rəsmlər həqiqətən kiçik bir məkanda ardıcılıqla və yüksək dəqiqliklə qeydə alınma bilər.

Başqa nümunə isə eyni filmə ardıcıl olaraq iki eyni obyektin iki ayrı hologramını etməkdir. Əgər obyekt hologramların çəkildiyi anlar arasında bir az hərəkət edərsə, iki şəkil bir-birinə mane olar. Hologramın qurulmasında yaranan təsir hərəkətin başqa bir şəkildə görünməyən detallarını ortaya qoyur. Eyni hologramda havanın iki ardıcıl görüntüsünün təsiri qeydə alındıqda, havada sıxlıq dəyişiklikləri müşahidə oluna bilər [2].

Holografiya işıq sahəsinin yadda saxlanması və sonra onun orijinal obyektlər olmadıqda yenidən qurulmasını özündə əks etdirir. Hesab etmək olar ki, burada titrəyən maddənin yaratdığı səs sahəsi elə işlənir ki, sonradan (əsl titrəyici maddə olmadıqda) bərpa olunsun. Ambisonik səs yazısı (3D məkan səs sistemi) əslində daha çox holografiyaya bənzəyir, burada dinlənən səs sahəsinin müəyyən bucaqları səsləndirilərkən yenidən yaradıla bilər.

Hologram yaratmaq üçün üç komponent tələb olunur:

- obyektə yönəldiləcək lazer şüası;
- yazıların qeyd olunması üçün müvafiq materiallara malik daşıyıcı;
- işıq şüasının kəşşməsi üçün təmiz mühit;

Lazer şüası şüa ayırıcının köməklili ilə iki eyni şüaya bölünür. Onlardan biri obyektə yazı daşıyıcısına əks olunur, digəri isə birbaşa yazı daşıyıcısına ötürülür. Beləliklə, o, obyekt şüasından gələn təsvirlərlə ziddiyyət təşkil etmir.

İki şüa bir-biri ilə kəşşədikdə yazı daşıyıcısında (əsasən gümüş halogen) çap olunan bir interferensiya təsviri yaranır. Yazı daşıyıcısının təbəqəsi şüşə kimi şəffaf substrata yapışdırılır ki, bu da fotolentdən daha yüksək ölçülərlə virtual təsviri yenidən yaradır.

Optik alətlər, obyekt və yazı daşıyıcısı proses zamanı bir-birinə nisbətən sabit qalmalıdır. Əks halda, interferensiya təsviri və hologram bulanıq olaraq korlanacaqdır.

Adi fotosəkil işığın intensivliyindəki dəyişikliyi çəksə də, holografiya işığın həm intensivliyini, həm də fazasını çəkir. Buna görə də hologramlar real üçölçülü təsvirlər yaradır və təkcə dərinlik illüziyasını vermir.

Hologram, obyektiv tərəfindən əmələ gələn təsvir deyil, işıq sahəsinin fotoqrafik yadda saxlanmasıdır. O, izləyicinin nisbi mövqeyindən asılı olaraq real dəyişən vizual dərinlik işarələrini nümayiş etdirir.

Holografiya, həmçinin linzaşəkilli və avtostereoskopik 3D ekran texnologiyalarından fərqlənir. Bu texnologiyalar oxşar nəticələr versə də, onlar ənənəvi linzaşəkilli təsvirlərə əsaslanırlar.

3D hologramların geniş tətbiq sahələri mövcuddur. Onlara müxtəlif nümunələr göstərə bilərik:

1). Məlumatların saxlanması: Holografik məlumatların saxlanması fotopolimerlər və ya kristallar içərisində yüksək sıxlıqda məlumat saxlaya bilən potensial texnologiyadır. Blu-ray Disc kimi mövcud saxlama üsulları məlumat sıxlığının yuxarı həddinə çatdıqca, holografik yaddaş yeni nəsil saxlama mühitinə çevrilə bilər.

2). Təhlükəsizlik: Qoruyucu hologramlar ən çox yayılmış hologram növüdür. Onlar bütün dünyada pasportlarda, bank və kredit kartlarında, müxtəlif əskinaslarda geniş istifadə olunur. Sözünlə əsl mənasında

hologram olmasa da, sürücülük vəsiqələrində və kredit kartlarında laylı təsvirlərin geniş yayılması nəticəsində "hologram" termini ikinci dərəcəli mənə kəsb etmişdir. Nəqliyyat vasitələrinin üzərindəki bəzi nömrələrdə orijinallığı göstərən qeydiyyatdan keçmiş hologram stikerləri mövcuddur.

3). Verici (datçik): İntelektual qurğuya daxil edilmiş hologram holografik verici (qoloqrafıçeskiy datçik) yaradır. Onu xüsusi molekulaları və ya metabolitləri aşkar etmək üçün istifadə etmək olar.

4). Skanerlər: Holografik skanerlər paket ölçülərini təyin etmək üçün avtomatlaşdırılmış konveyer sistemlərində və böyük nəqliyyat şirkətlərində istifadə olunur.

Holografik texnologiyanın ən son (kommersiyada istifadə olunan) tətbiqlərindən biri Microsoft HoloLens qurğusudur. Ondan, optik proyeksiya və kompüter emal sistemlərində istifadə edərək, istifadəçilərin real mühitə baxa və qarşılıqlı əlaqədə ola biləcəyi rəqəmsal holograma bənzər obyektləri yaratmaq üçün istifadə edirlər.

Bundan əlavə, 3D hologramlar mürəkkəb texniki konsepsiyaları, qiymətli daşlar və oxşar vizual cəlbədicilərin nümayiş etdirmək üçün əla vasitədir.

Ümumiyyətlə, istənilən dalğadan hologram yaradıla bilər. Məsələn, elektron holografiya, holografiyanın tətbiq metodlarının işıq dalğaları əvəzinə elektron dalğalara tətbiqi hesab olunur. Əsasən nazik qatlarda elektrik və maqnit sahələrini tədqiq etmək üçün istifadə olunur.

Eynilə, neytron şüa holografiyası da bərk cisimlərin daxili səthini müşahidə etmək üçün istifadə olunur.

Holografiya yeni-yeni ixtiraların sayəsində nəzərəcarpacaq şəkildə inkişaf etmişdir. Hologramlar indi bir çox müxtəlif üsullarla hazırlana bilər, lakin hamısı eyni əsas prinsipə malikdir.

Hal-hazırda müxtəlif növ hologramlar mövcuddur:

1) Fresnel hologramları ən sadə, ən real və ən təsiredici hologramlardır, lakin onları yalnız lazer işığı ilə görmək mümkündür.

2) Əks-şüa hologramları Sovet İttifaqında Y.N. Denisuk tərəfindən yaradılıb. Əks-şüa hologramlarını Fresnel hologramlarından fərqləndirən cəhət dayaq şüasının hologramı qəbul edərkən öndən deyil arxa kölgə formasında qəbuludur. Bu hologramın üstünlüyü, onu adi bir volfram lampası ilə müşahidə edilməsinin mümkünlüyüdür və hologramı qəbul edərkən böyük sabitlik tələb olunur. Belə hologramın rəngli fotoqrafiya ilə çoxlu orta cəhətləri var.

3) Şəkil müstəvisi- obyektin hologram müstəvisinə yerləşdirilən hissəsidir. Təbii ki, obyekt fiziki olaraq yerləşdirilə bilməz, obyektiv və ya hər hansı digər hologram tərəfindən əmələ gələn həqiqi təsvirli foto müstəvidə yerləşdirilir. Əks-şüa hologramları kimi bu hologramlara adi bir işıq mənbəyi ilə baxmaq olar [4].

4) Göy qurşağı hologramları 1969-cu ildə Polaroid Korporasiyasından olan Stiven Benton tərəfindən icad edilmişdir. Bu hologramlar, arzu olunan obyektin təsviri ilə yanaşı, müşahidəçinin gözü üzərindəki üfqi

yarığın həqiqi təsvirini əks etdirir. Havada üzən kimi görünən yarığın bu təsviri vasitəsilə holografik obyekt müşahidə edilir. Gözlər şaquli xətt üzərində yerləşdirildikdə bu yarıq təsvirin üç ölçülü formasının itirilməsinə səbəb olur. İkinci şərt isə dayaq şüasının olmasıdır. Bu, hologramı adi közərmə lampası ilə işıqlandıraraq təsviri müşahidə etməyə imkan verir. Bu zaman müşahidəçinin gözləri qarşısında üfüqi və bir-birinə paralel, müxtəlif rəngli və fərqli hündürlüyə malik çoxlu yarıqlar əmələ gəlir. Müşahidə olunan təsvirin rəngi görünüş hündürlüyündən asılıdır və ona göy qurşağı hologramı adı verilmişdir [5].

5) Rəngli hologramlar həm işıqlanma, həm də müşahidə zamanı müxtəlif rəngli bir neçə lazerdən istifadə etməklə əldə edilir. Belə hologramlarda çatışmamazlıq, istifadə olunan üsulların mürəkkəb və bahalı olması, rəng ayırımının isə çox yüksək olmamasıdır.

6) Basılmış hologramlar- adi ağ işıqda müşahidə üçün görüntü müstəvisi və ya göy qurşağıdır, lakin əldə edilmə prosesləri fərqlidir. Fotoqrafiya lövhəsində qeyd etmək əvəzinə, işığa həssas qatran, fotorezist təbəqəsindən istifadə olunur. İşığa məruz qaldıqda, foto lövhə qaralır. Neqativ fotorezist təbəqəsi bu nöqtələrdə nazikləşir, ancaq bu proses işığın yayılması və görüntüsünün yaranması üçün kifayətdir [3].

7) Fotorezist hologramı- kimyəvi proses kimi buxarlanma yolu ilə metal, əsasən nikkellə təbəqəsi ilə örtülməkdir. Bu zaman üzərində hologram həkk olunmuş yalnız metal fraqment qalır, sonuncu mərhələ isə istiliklə basılmazdır. Həkk olunmuş hologram metal səthə, şəffaf plastik hissə kimi çap edilir və bu plastik son hologramdır. Bu prosesin üstünlüyü çox böyük miqdarda hologramların istehsalı üçün əlverişlidir, çünki bir metal plyonka minlərlə hologramı hazırlamaq üçün kifayət edir. Bu tip hologramlar fərdi istehsalda bəla başa gəlir, lakin kütləvi istehsallarda olduqca ucuzdur [2].

8) Kompüter hologramları- kompüter tərəfindən istənilən real və ya xəyali obyektə əldə edilən təsvirin hesablanması ola bilər. Ekranı göstərilən və bu zolaqların fotosəkili çəkilən təsvirlər sintetik hologramlardır. Onun böyük çatışmazlığı, çox mürəkkəb obyektlərin dəqiqliyi ilə təsvir edilməsinin çətin olması, üstünlüyü isə hər hansı bir xəyali obyektin təsvir oluna bilməsidir. Bundan texnikada yüksək dəqiqliklə istənilən formalı dalğa cəbhələrini yaratmaq üçün geniş istifadə olunur və interferometriyada çox faydalıdır [6].

Bu yanaşmalar holografik texnologiyaların inkişafını həyata keçirmək üçün konkret strategiyalar təqdim edir və qeyd olunan prinsiplər holografik dizaynın əsas ideyasıdır.

### Nəticə

Bir "obyekt" tərəfindən difraksiya olunan şüalanmaya müdaxilə etmək üçün koherent mənbə istifadə olunur. Bu müdaxilə ya hologram vermək üçün qeydə alınır, ya da Furje çevrilməsi ilə obyektin "3D

şəklini" yaradan obyektiv tərəfindən dəyişdirilir. Hologram, obyektin koherent işıq mənbəyi (lazer) ilə işıqlandırmaq və lazer mənbəyi (dalğa istinadı) ilə yayılan dalğanın birləşdirilməsi nəticəsində əldə edilən zolaqları həssas səthdə (məsələn: foto lövhə) yadda saxlamaqla hazırlanır. Holografik təsvirin "render edilməsi" zamanı hologram lazerlə (və ya hətta qeyri-koherent işıqla) işıqlandırılır və sonra o, relyef təsviri yaratmaq üçün difraksiya çökdürülməsi kimi fəaliyyət göstərir. Bu texnikanın üstünlüyü ondan ibarətdir ki, hər bir hologram parçası, hətta lövhə sınımış olsa belə, hologramlar vasitəsi ilə eyni təsviri verə bilər. Hologramı real obyektə almaq əvəzinə, kompüter tərəfindən 3D sintetik təsvir vasitəsilə hesablamaq olar.

Bir obyektin fotosəkili çəkilən zaman, bu obyektin müxtəlif nöqtələrinin parlaqlığı həssas lövhədə qeyd olunur. Başqa sözlə, yalnız bu obyektin yaydığı işıq dalğalarının vahid sahəsinə düşən güc nəzərə alınır. İşığın fazasını qeyd etmək mümkün olmadığından, səthin (torlu qışa, foto lövhə, yarımkeçirici sensor və s.) fazaya həssaslığını müəyyən etmək mümkün olmur. Hologramda bu çətinlik, obyektə əks olunan işıq şüasının səhnəni işıqlandıran işığa uyğun olan dayaq şüasına müdaxilə etməklə aradan qaldırılır. Beləliklə, foto lövhədə qeyd olunan görüntü, daha çox və ya az işıqlı zonaların meydana gətirdiyi interferometrik təsvirdir. Ən parlaq sahələr, obyektə əks olunan işıq şüasının və istinad şüasının eyni fazada olduğu yerlər olacaqdır. Bu parlaqlıq həm də obyektə gələn işıq şüasının amplitudasından asılı olacaqdır. Qeydə alınmış və işlənmiş hologram, istinad kimi monoxromatik işıq şüası ilə işıqlandırılaraq oxunacaqdır. Hologram obyektə gələn şüanın amplitudunun daha böyük olduğu və xüsusən də işığın fazası dayaq şüasının fazasına yaxın olduğu yerlərdə daha çox işıq şüasının keçməsinə imkan verəcəkdir.

### Ədəbiyyat

1. Zəkəryəyev, Z.N., Məlumatın emalının optik metodları // "Elektroenergetikanın müasir problemləri və inkişaf perspektivləri" mövzusunda beynəlxalq elmi – texniki konfransın materialları – Bakı: – 17 noyabr – 18 noyabr, – 2022, – s.188-192.
2. Dolev, S., Berend, D., Frenkel, A. Towards, holographic brain memory based on randomization and Walsh–Hadamard transformation. Neural Networks, 2018
3. Giuseppe Molesini, Olografia: principi e tecniche di registrazione, Istituto Nazionale di Ottica Applicata del CNR Firenze, p.47
4. Rolando Serra Toledo, Rolando De Jesús Gonzales-Peña, Sistema De Holografia De Imagen Enfocada Para Plcaciones Museables, Ispjae-2022
5. <https://trustmyscience.com/quest-principe-holographique/>
6. <https://www.madrimasd.org/blogs/fisicateorica/2017/03/31/422/>