BİLİM VE SANATIN PERSPEKTİFİNDEN DİJİTAL RESİMDE ALT YÜZEY YANSIMALARI (SUB-SURFACE SCATTERING)

Hasan DİLİM¹

Özet

Dijital sanat ile beraber gelişen teknoloji bilimin ışığında artık evlerimize ve yaşam alanlarımıza girer olmuştur. Doğal olarak bilimle harmanlanan dijital teknoloji beraberinde felsefesini de oluşturmuştur. Dijital sanat felsefesi üretim ve sunum ile ilgilenmiştir ve sanatın doğası ile temelleri ile ilgilenmiştir.

Alt Yüzey Yansımaları bilime temel alan ve oluşturduğu formülizasyonlarla fizik kurallarını sanal mecrada taklit etmesi usulüne dayanır. Daha önceki sanal ortamda oluşturulan imgeler gözlem ve fizik kuralları yoluyla teknolojik çıktı olarak alt yüzey yansımalarını hesaba katmadan gerçekleştirmekteydi. Bu da beraberinde yapay plastik değerlerle örüntülü bir sanal üretim çıktısı oluşturuyordu. Üretim çıktısı olarak gerçek zamanlı etkileşim programlarında alt yüzey yansımaları son yıllarda ele alınan yöntem ve sunumlarla ele alınmaya başlamıştır. Çünkü gerçek zamanlı imgeler oluşturma süreci hızı beraberinde getiriyordu. Arka tarafta birçok matematiksel işlem yapacağı göze alındığında bu işlem maiyeti büyük yer kaplıyordu. Son zamanlarda donanımsal olarak hızı arttıran hesaplamaları bünyesinde barındıran çeşitli girdi ve çıktılar tasarlanmaya başladı. Bununla beraber alt yüzey yansımaları destekleyen yazılımlar, donanım ile gerçekleştirilmeye başlandı.

Teknoloji beraberinde yenilikleri getirir. Bu yenilikler çeşitli ortamlarda sanal medyumlarla üretim metasını ele almaktadır. Bu üretim çıktılarından alt yüzey yansımaları (sub-surface scattering) gerçek zamanlı render işlemlerinde önemli bir yer kaplamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Sanat, Alt-Yüzey Yansımaları, Işın İzleme

SUB-SURFACE SCATTERING IN DIGITAL PAINTING FROM THE PERSPECTIVE OF SCIENCE AND ART

Abstract

Technology developed with digital art has now entered our homes and living spaces in the light of science. Digital technology blended naturally with science has formed its

¹ Arş. Gör., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü/Resim-İş Anabilim Dalı, ORCID: 0000 0003 4540 3690, hasandilim@gmail.com

philosophy. The philosophy of digital art has dealt with production and presentation, and has dealt with the nature and foundations of art.

Sub-surface scattering are based on the method of imitating physics rules in virtual media with the formulations that are based on science and created. The images created in the previous virtual environment were realized as technological output without observing the sub-surface scattering through observation and physics rules. This also created a virtual production output with a pattern of artificial plastic values. Sub-surface scattering in real-time interaction programs as production output have started to be handled with the methods and presentations discussed in recent years. Because the process of creating real-time images brought along speed. Given that there would be many mathematical operations on the back, this entourage encompassed a lot of space. Recently, various inputs and outputs have been designed to accommodate calculations that increase hardware speed. In addition to this, software that supports subsurface scattering started to be implemented with hardware.

Technology brings innovations. These innovations address production media with virtual media in various environments. Sub-surface scattering takes an important place in real-time rendering processes from these production outputs.

Keywords: Digital Art, Sub-Surface Scattering, Ray Tracing

Giriş

Dijital sanat, dijital teknoloji kullanılarak yapılan veya sunulan sanatı tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Dijital sanat ve felsefesini anlayabilmemiz için dijital sanatın tarihsel sürecini ele almak vazgeçilmez bir unsurdur. Tekrar edecek olursak en geniş anlamıyla, “dijital sanat”, bilgisayar tabanlı dijital kodlamaya veya bilgilerin ortak bir ikili kodda farklı formatlarda (metin, sayılar, görüntüler, sesler) elektronik olarak depolanmasına ve işlenmesine dayanan sanatı ifade eder. (stanford.edu, Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020)

Sanat yapmanın bilgisayar tabanlı dijital kodlamayı içerme yolları son derece çeşitlidir. Dijital fotoğraf, "canlı" bir sahneden bir dijital kamera ile çekilen veya geleneksel bir selüloit fotoğraftan bir tarayıcı ile çekilen manipüle edilmiş görsel bilgi örneğinin ürünü olabilir. Müzik kaydedilebilir ve dijital olarak manipüle edilebilir veya özel bilgisayar yazılımı ile dijital olarak oluşturulabilir. Ve bir film artık görüntü ve ses yakalama veya kompozisyon, görüntü ve ses düzenleme, renk düzeltme veya ses mastering, özel efekt üretimi ve ekran veya projeksiyon aşamalarında analog ve dijital süreçler arasında son derece karmaşık bir seçim dizisinin ürünüdür (stanford.edu, Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020).

Dijital sinema iş akışının karmaşıklığı, dijitale olan güvenin bir sanat eserinin oluşturulmasıyla sınırlı olup olmadığı ya da eserin sergilenmesine kadar uzandığı konusunda daha fazla bir farka dikkat çeker (stanford.edu, Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020).

Dijital Sanat Ve Felsefesi

Dijital sanat teriminin ilk kullanımı, 1980'lerin başında bilgisayar mühendislerinin öncü dijital sanatçısı Harold Cohen tarafından kullanılan bir boya programı geliştirdiği zamanlara atfedilir. Bu, zemine yerleştirilmiş kâğıtlara büyük çizimler yapmak için tasarlanmış robotik bir makine olan AARON olarak bilinir. (tate.org.uk. Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020)

Görsel 1: Harold Cohen çalışırken (Kaynak: <https://computerhistory.org>)

Dijital sanat, bir tablet ve bir fare kullanılarak bilgisayar tarafından üretilebilir, taranabilir veya çizilebilir. 1990'larda, dijital teknolojideki gelişmeler sayesinde, bilgisayarlara video indirmek mümkün oldu ve sanatçıların çektiği görüntüleri bir video kamera ile manipüle etmelerine izin verildi. Bu, sanatçılara daha önce hiç filmle yaşamadıkları yaratıcı bir özgürlük sağlayarak, görsel kolajlar oluşturmak için hareketli görüntülerde kesme ve yapıştırma işlemlerini sağladı. (tate.org.uk. Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020)

Dijital sanat felsefesi ise, üretimi ve sunumu büyük ölçüde bilgisayar işlemeyi içeren her türlü sanatın doğası ve takdir edilen temellerinin incelenmesidir. Bu birinci dereceden araştırma, medya ve kültür teorisyenleri, sanat kuramcıları ve sanat izleyicileri tarafından dijital görüntü ve ses yapma teknolojilerinin sanat, fiziksel temsil ve algısal deneyim anlayışımızı temelden nasıl değiştirdiğine dair iddialar kabul edilmeden devam edemez.

Dijital sanat felsefesi, dijital temsilin dikkatlice dile getirilmiş genel bir açıklamasından farklı dijital sanat türlerinin dijital olduğu kesin yolların araştırılmasına kadar uzanır. Bu, bir sanat eserinin dijital statüsünün uygun takdirini nasıl karşıladığını araştırmaya yol açar. Dijital sanatın sanatsal olarak önemli bir kategori olarak sistematik bir analizini yaparak, dijital sanat felsefesi, "dijital devrim" denen disiplinler arası ve popüler ilgiyi güçlendirmeyi amaçlamaktadır. (stanford.edu, Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020)

Her ne kadar teknoloji temelli sanat “yirminci yüzyılın son avangardının” bir parçası olarak görülse de ve dijital sanat 1900'lerin sonlarından bu yana ana akım sanat dünyasının bir parçası olmuştur. Ancak, halen yapılması gereken çok sayıda felsefi çalışma var. Özellikle, dijitalin sanat ve medyada devrim yarattığı gerçek boyutun disiplinler arası tartışması için genel bir kavramsal çerçeve sağlamak için çalışmalara ihtiyaç vardır. Örneğin tamamen dijital çalışmalar video oyunları ve dijital kurulumlar gibi etkileşimli çalışmalar sanat alanına girer mi? Video oyunları, potansiyel bir sanat formu olarak tanınacak en yeni dijital eserlerdir. (stanford.edu, Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020)

Üç Boyutlu Dijital Sanat

Dijital sanat eseri temsili sanat eseri olsun ya da olmasın, hatta en soyut dijital sanat eserleri ile bile, üretimlerinin ve sunumlarının karmaşık süreçlerinde yer alan temsil katmanları vardır.

1970'lerden beri, bilgisayar sanatı ve multimedya sanatı da dâhil olmak üzere süreci tanımlamak için çeşitli isimler kullanılmıştır. Dijital sanatın kendisi yeni medya sanatı gibi daha büyük bir şemsiye altındadır. Daha büyük şemsiye, payını üç boyutlu yüzeylere uygulanana ikili kodlarla oluşturulmuş sanat eserlerini ifade eder.

Üç boyutlu bir yüzey üç boyutlu XYZ koordinatları oluşturularak elde edilen kartezyen poligonal yüzeylerdir.

Görsel 2: Üç boyutlu bir homojen koordinat sistemi (Kaynak: <https://www.researchgate.net>)

Poligonal temsili ikili kodlarla üretilen çıktılar verteks, kenar ve yüzey dediğimiz modüllerin bir araya gelmesi ile oluşturulur.

BİLİM VE SANATIN PERSPEKTİFİNDEN DİJİTAL RESİMDE ALT YÜZEY YANSIMALARI (SUB-SURFACE SCATTERING)

Görsel 3: Verteks, kenar ve yüzey temsili (Kaynak: <https://www.pngitem.com>)

Bu temsili modüller bir araya getirilerek modeller oluşturulmaktadır.

Görsel 4: Poligonal modelleme ile oluşturulmuş bir çalışma (Kaynak: <https://www.pinterest.cl>)

Alt Yüzey Yansımaları (Sub-Surface Scattering)

Alt yüzey yansımaları (Subsurface Scattering, SSS), yarı saydam bir nesnenin yüzeyine nüfuz eden ışığın malzeme ile etkileşerek yüzeyden farklı bir Görselde çıktığı ışık nakil mekanizmasıdır. (D'Eon, 2007: 32)

Görsel 5: Deri katmanları

Metalik olmayan tüm malzemeler bir dereceye kadar yarı saydamdır. Bu, ışığın emilmeden veya malzemeyi farklı bir yerde bırakmadan önce malzemenin içine saçıldığı anlamına gelir. Bu fenomene yüzey altı saçılması denir. (ucsd.edu, Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020)

Görsel 6: Şeffaf bir mermer büstün arka taraftan aydınlatılmış hali (Kaynak: <https://blog.naver.com>)

Görsel 7: BRDF ve BSSRDF alt yüzey yansıma farkı (Kaynak: <https://blog.naver.com>)

Işık genellikle yüzeye nüfuz eder ve malzemeden düz olmayan açılardan, malzemeden doğrudan yüzeyden yansıtılmış olmasından farklı bir açıyla geri çekilmeden önce birkaç kez yansıtılır.

Yüzey altı saçılma, gerçekçi 3D bilgisayar grafikleri için önemlidir, mermer, deri, yapraklar, balmumu ve süt gibi malzemelerin işlenmesi için gereklidir. Yüzey altı saçılma uygulanmazsa, malzeme plastik veya metal gibi doğal görünmeyebilir. (ucsd.edu, Erişim Tarihi: 7 Nisan 2020)

Görsel 8: Bilgisayar ortamında hazırlanan alt yüzey yansıma (SSS) örneği (Kaynak: <https://blog.naver.com>)

Günümüzde gerçek zamanlı bilgisayar grafiklerinde kullanılan malzemelerin çoğu, ışığın yalnızca bir nesnenin yüzeyindeki etkileşimini açıklar. Gerçekte, birçok malzeme biraz yarı saydamdır: ışık yüzeye girer; potansiyel olarak farklı bir noktada emilir, dağıtılır ve yeniden yayılır.

Cilt bu konuda önemli bir örnektir; yansıtma oranının sadece% 6'sı doğrudan,% 94'ü alt yüzey yansımalarından kaynaklanmaktadır. (Krishnaswamy, Baronoski, 2004: 1)

Görsel 9: Gerçek fotoğrafta deride alt yüzey yansımaları (SSS) örneği (Kaynak: en.wikipedia.org)

Bu mesafeyi (alt yüzey yansımalarını) tahmin etmenin bir yöntemi, derinlik haritaları oluşturmaktır. Bu yöntemde en yakın yüzeye olan mesafe kaydedilir. Daha sonra derinlik haritası standart projektif doku eşlemesi kullanılarak üzerine yansıtılır ve sahne yeniden oluşturulur. Bu geçişte, belirli bir noktayı gölgelendirirken, ışının yüzeye girdiği noktadaki ışıktan uzaklık basit bir doku aramasıyla elde edilebilir. (Green, 2004: 263–278.)

Görsel 10: Epidermal ve Subdermal haritalar alt yüzey yansımaları tekstürü (Kaynak: <http://angelaftp.blogspot.com/>)

Görsel 10'da model oluşturulurken çizilen tekstür çeşitleri görüntülenmektedir. Bunlardan epidermal ve subdermal tekstür haritaları alt yüzey yansımalarını tanımlamak için kullanılan tekstür yöntemleridir. Buradaki tekstürden kasıt kan damarlarını işlemektir. Vücudun içine nüfuz eden ışık bu noktalardan yansıdıktan sonra epidermal tabakadan deriye ulaşır dışarı çıkar.

Alt yüzey yansımaları tekstür olarak simüle edilebildiği gibi formülizasyon kullanılarak da simüle edilebilmekte yani algoritmalar kullanılabilmektedir.

Bilgisayar render işleminde de en çok kullanılan yöntemlerin başında BRDF (çift yönlü yansıma fonksiyonu) gelmektedir. Işığın opak bir yüzeye nasıl yansıtıldığını tanımlayan değişkenleri içeren çift yönlü ve enerji korunumunu sağlayan bir fonksiyonudur.

BRDF ilk olarak 1965 yılında Fred Nicodemus tarafından tanımlanmıştır (Görsel 11). (Nicodemus 1965: 5)

$$f_r(\omega_i, \omega_r) = \frac{dL_r(\omega_r)}{dE_i(\omega_i)} = \frac{dL_r(\omega_r)}{L_i(\omega_i) \cos \theta_i d\omega_i}$$

Görsel 11. Çift yönlü dağılım fonksiyonu (Kaynak: wikipedia.org)

Burada L_r radyansı, E irradyansı, θ gelen ışık (ω_i) ile yüzey normali n arasındaki açıyı i indeksi gelen ışığı r indeksi yansıyan ışığı temsil etmektedir.

BRDF'nin alt yüzey yansımalarını ifade eden fonksiyonu ise BSDF (Çift Yönlü Yayılım Yansıma Fonksiyonu)'dir. Bu terim 1980'de Bartell, Dereniak ve Wolfe tarafından tanıtıldı. (Bartell, Dereniak, Wolfe, 1981: 1).

Görsel 12. BRDF ile BSSRDF (Kaynak: wikipedia.org)

BRDF sadece yüzeydeki yansımaları ele alırken BSSRDF alt yüzey yansımalarında ele almaktadır (Görsel 12). Buradaki amaç gerçek yüzey davranışını modellemek ve yaklaşık olarak doğru bir şekilde modellemeye çalışan matematiksel bir formül veya ölçülen verilerin ayrı örneklerine dayanan çıktı üreten bir algoritmayı oluşturmaktır.

Kısacası BSDF, BRDF ve BTDF fonksiyonlarının birleşiminden oluşmaktadır (Görsel 13).

Görsel 13: BSDF: BRDF + BTDF (Kaynak: wikipedia.org)

BSSRDF kısaca;

$$dL_o(x_o, \vec{\omega}_o) = S(x_i, \vec{\omega}_i; x_o, \vec{\omega}_o) d\Phi_i(x_i, \vec{\omega}_i).$$

Görsel 14: BSSRDF (Kaynak: wikipedia.org)

matematik ifadesi ile gösterilir. Burada S giden ışığın radyansı, x_o yüzeydeki bir noktadan yansıyan terim, w_o giden ışık, w_i gelen ışık, ϕ gelen ışık yansıma açısıdır.

Sonuç

Sanat eserini dijital statüye taşımak büyük meseledir. Sayısız bilim insanı ve sanatçı görsel oluştururken gerçeğe deha fazla nasıl yaklaşım sorusunu kafasında dönüp dolaştırmıştır. Çeşitli formüller oluşturmuş çeşitli materyaller kullanmış, medyumlar türetmiştir. Bilim insanları formüllerle ışığı formülize ederken sanatçılar medyumları kullanmıştır. İkisi de sonuca yaklaşmak için büyük emekler harcamıştır.

Bilgisayar destekli tasarımda alt yüzey yansımaları farklı yollarla yapılabildiğini, tekstür ile oluşturulabildiği gibi fizik ve matematik disiplinleri ile formülizasyon kullanılarak da yapılabileceğini gördük. İlk metot elle yapılan ve daha sonra bilgisayarda matematiksel olarak eşleşen ikili kodların sonucunda ortaya çıkan alt yüzey yansımaları tekstür modelleri ikincisi ise programlama yoluyla elde edilen matematiksel ifade ile örüntülenmiş yüzey yansıma modelleridir. Bu modeller kendi arasında değişebilmektedir. Buradaki makalede sadece alt yüzey yansımalarını ele alan fonksiyon modellerinden başlıca olanlarını inceledik.

Şuan görüntü oluşturma çıktısı olarak ikisi de gerçekçi bir görüntü oluşturmak için kullanılmaktadır ve alt yüzey yansımalarını tanımlamada yeterli düzeydedir. Tekstür elle oluşturulan ve yüzey bilgisinin büyük oranda bilinmesi ile photoshop, gimp gibi programların elinden geçtiği tekstür haritalarıdır. İkincisi ise ışın izleme ya da radiosity de kullanılan alt yüzey yansıma modelinin matematiksel ifadesidir, yani fiziğin kurallarıdır. İkisi de alt yüzey yansımalarını tanımlamakta başarılı olmaktadır.

Bu bize tekrar sanat alanında da disiplinler arası çalışmanın ne kadar gerekli olduğunun kanıtıdır aslında. Sanatçı matematik ve fizik bilmektedir fakat belki de bunu adlandırmada sorunlar yaşamaktadır.

KAYNAKÇA

Bartell, F. O., Dereniak E. L., Wolfe, W. L., *The Theory And Measurement Of Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF) And Bidirectional Transmittance Distribution Function (BTDF)*, USA, 1980.

D'Eon, Eugene, *GDC 2007 Demo Team Secrets: Advanced Skin Rendering*, NVIDIA, 2007

Green, Simon, *Real-time Approximations to Subsurface Scattering*, GPU Gems. Addison-Wesley Professional, 2004.

Krishnaswamy, A; Baronoski, GVG, *A Biophysically-based Spectral Model of Light Interaction with Human Skin*, 2004.

Nicodemus, Fred, *Directional Reflectance and Emissivity of an Opaque Surface*, USA, 1965.

graphics.ucsd.edu/~henrik/images/subsurf.html

<https://plato.stanford.edu/entries/digital-art/>

<https://www.tate.org.uk/art/art-terms/d/digital-art>