ANİMASYON EĞİTİMİ İÇİN YENİLİKÇİ DERSLER

Levent ÇORUH[1]

ÖZ

Bu çalışma, animasyon eğitimi için yenilikçi teknolojilere dayalı ders önerileri ve ilgili teknolojilerin animasyon endüstrisindeki kullanımını konu almaktadır. Çalışmanın amacı animasyon üretim sürecine, sonuç ürün kalitesine ve bağlantılı olarak animasyon eğitimine olumlu yönde etki edebilecek özellikle fen ve mühendislik alanlarında yapılan çalışmaların sanat ve tasarım alanlarına potansiyel katkılarını ve olası entegrasyon yollarını tartışmaktır.

Çalışmada kullanılan veriler, Erasmus+ Yüksek Öğretim Alanında Stratejik Ortaklıklar Projeleri başlığı altında Erciyes Üniversitesi adına yürütülmekte olan "Animasyon Eğitiminde Yenilikçi bir Müfredat Tasarımı için İşbirliği" başlıklı ve 2017-1-TR01-KA203-046117 numaralı Avrupa Birliği Projesi kapsamında; sektör görüşmeleri, anket uygulaması, ulus ötesi proje toplantıları, literatür taraması ve mevcut yerli ve yabancı müfredat analizi sonucunda elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda dijital sanat, animasyon, modelleme, sanal iskeletlendirme yöntemlerine yönelik VR tabanlı yenilikçi dersler önerilmiştir. Ayrıca fotogrametri, optik sensörler, görüntü işleme gibi yöntem ve teknolojilerin kullanıldığı, artırılmış gerçeklik, hareket yakalama ve gerçek dünya nesnelerinin yüzey geometrisini analizi ve sayısallaştırması ile ilgili toplam altı ders önerilmiş ve tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sanal Gerçeklik, Animasyon Eğitimi, Dijital Sanat, Fotogrametri, Artırılmış Gerçeklik, Dijital Dönüşüm.

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Erciyes Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi- Görsel İletişim Tasarımı Bölümü, Lcoruh@erciyes.edu.tr, Lcoruh@gmail.com

INNOVATIVE COURSES FOR ANIMATION EDUCATION

Levent ÇORUH[2]

ABSTRACT

This study embarks upon the use of innovative technologies for animation education and the use of related technologies in the animation industry. The aim of this study is to discuss potential contributions of studies principally in science and engineering to the fields of art and design which can have a positive impact on animation production process, quality of the final product and animation education accordingly and their possible means of integration.

The data used in this study were obtained from sector interviews, questionnaires, transnational project meetings, literature review and analysis of current domestic and foreign curriculum within the scope of European Union Project entitled "Collaboration to Design an Innovative Curriculum for Animation Education" with 2017-1-TR01-KA203-046117 project ID carried out on behalf of Erciyes University under the title of Erasmus+ Strategic Partnerships Projects in the field of Higher Education.

As a result of the study, a VR-based innovative courses for digital art, animation, modeling and virtual rig methods is proposed. In addition, a total of six courses are proposed and introduced on augmented reality, motion capture and surface geometry analysis and digitization of real-world objects in which methods such as photogrammetry, optical sensors, image processing are included.

Keywords: Virtual Reality, Animation Education, Digital Art, Photogrammetry, Augmented Reality.

[2] Assist Prof Ph.D., Erciyes University, Faculty of Fine Arts, Visual Communication Design Department, Lcoruh@erciyes.edu.tr, Lcoruh@gmail.com

GİRİŞ

Güncelliğini koruyan bir animasyon eğitim programı ancak animasyon endüstrisi ve akademiden gelen bilgiler ışığında mümkün kılınabilir. Endüstrideki stüdyolar çoğu zaman mühendislik vb. diğer alanlarındaki gelişmelerin iş akışına katkı potansiyelini fark ederek, herkesten önce iş akışına dahil etmenin yollarını denerler. Başarılı sonuçlar aldıklarında ise bu, pazarda rakiplerinin önüne geçmek için kullanacakları bir avantaja dönüşür. Bu durumda animasyon eğitimi alanında akademide verilen eğitim ile sektör arasındaki bilginin güncelliği arasında fark açılmaya başlar. Bu yüzden eğitim programcıları animasyon endüstri trendlerini adım adım takip etmelidir. Ancak bu yolla akademi ile sektör arasındaki bilginin seviye farkını kapatmayı veya en azından belirli bir mesafede tutmayı sağlayacak müfredat güncelleme döngüsü sağlanabilir.

Bu bakış açısıyla yenilikçi dersler ile ilgili konuya başlamadan önce bu dersleri gerekli kılan endüstri trendlerinden bahsetmek gerekmektedir. Animasyon endüstrisindeki güncel trendler sanal gerçeklik teknolojileri, 3D yazıcılar, gerçek zamanlı rendering, derinlik sensörleri ve bulut-tabanlı işbirlikçi üretim iş akış modelleri başlıkları şeklinde özetlenebilir (Gringon, 2018; Smith, 2018; McDonald, Gossett, & Moore, 2017). Görüldüğü gibi listedeki tüm başlıklar işin sanat kısmından ziyade mühendislik alanı ile ilgili konu başlıklarıdır. Bu gidişat sanatla mühendisliğin yer değiştirdiği veya sanatın ikinci plana atıldığı gibi olası bir algının aksine süreçleri pratikleştirip sanat kısmına daha fazla odaklanmanın hedeflendiğinin göstergesidir. Animasyon üretiminde önceki dönemde kullanılan kullanımı karmaşık araçlar yerine artık daha basit ve pratik araçlara yönelinmiş durumda. Bu donanımlar ve hedefe uygun-iş bitirici "katil yazılımlar" olarak tanımlanan bu dijital araçların bir araya gelmesiyle ortaya çıkan yeni imkânlar hem daha önce mümkün olmayan şeyleri gerçekleştirme hemde mevcut süreçleri iyileştirme konusunda yeni ufuklar açmıştır ve açmaya devam etmektedir. Dijital dönüşüm özellikle animasyon alanında evvelden beri kendini çok net bir biçimde göstermektedir. Animasyonun en temel (Cell vb.) yöntemlerine dair dijital alternatiflerinin üretilmesiyle başlayan dijitalleşme süreçleri animasyonun model-iskelet-mekan-hareket-karelerin-görsel efektlerin üretimi dahil doğrudan sanal uzayda üretildiği üç boyutlu bilgisayar animasyonu olarak anılan noktaya kadar getirmiş ve bununla sınırlı kalmamıştır.

YÖNTEM

Çalışmada kullanılan veriler Erasmus+ Yüksek Öğretim Alanında Stratejik Ortaklıklar Projeleri başlığı altında Erciyes Üniversitesi adına yürütülmekte olan *"Collaboration to Design an Innovative Curriculum for Animation Education"* başlıklı ve *2017-1-TR01-KA203-046117* numaralı Avrupa Birliği Projesi kapsamında; sektörde faaliyet gösteren animasyon stüdyoları ile görüşme ve anket uygulama, ulus ötesi toplantılar, literatür taraması ve mevcut yerli ve yabancı müfredat analizi sonucunda elde edilmiştir.

Araştırma kapsamında Türkiye'den 10 animasyon stüdyosu[3] ziyaret edilmiş görüşme ve anket uygulanmıştır, ayrıca yurt dışından 3 animasyon stüdyosu[4] ve animasyon eğitimi veren 6 eğitim kurumu[5] ziyaret edilmiştir. Animasyon endüstrisindeki yenilikçi arayışlara dair gerçekleştirilen literatür taraması, görüşme ve anket ile elde edilen sonuçların örtüştüğü ve aşağıdaki başlıklar halinde listelenen alanlara eğilim olduğu görülmüştür;

- Sanal / Artırılmış gerçeklik teknolojileri,
- 3D yazıcılar,
- Gerçek zamanlı rendering,
- Derinlik sensörleri / Fotogrametri
- Bulut-tabanlı işbirlikçi üretim iş akış modelleri,

Bu başlıkların belirlenmesinin ardından Avrupa, İngiltere, Türkiye ve Amerika'da bulunan toplam 45 üniversitenin animasyon eğitim programları incelenmiş ve bu müfredatlarda bulunan toplam 1060 ders içinden bu başlıklar ile örtüşen derslerin varlığı aranmıştır.

[3] Anima İstanbul Film Yapım A.Ş., İSF Film Prodüksiyon Ltd. Şti., Kelebek Animasyon (Koza Yayın Dağıtım A.Ş.), Muzip Peri Reklam Tanıtım Hiz. A.Ş., Neher Cordoba Documentary, Netco Animasyon Prodüksiyon Ltd. Şti., Akko Organizasyon (Outline Ajans), R Ajans, Siyah Martı, YOYO Film Yapım Ltd. Şti.

[4] Slovenya- ZVVIKS Institute for Film and Audiovisual Production, Finta Institute of Contemporary Arts. Belçika- Walking The Dog Animasyon Stüdyosu

[5] İngiltere- EDGE HILL Üniversitesi, SALFORD Üniversitesi. Belçika- LUCA Sanat Okulu. İspanya CİFOG Sanat Okulu, Eram Üniversitesi. Yunanistan – TEI of Athens.

BULGULAR

Bu bölümde animasyon endüstrisindeki güncel trendlere dair teknolojiler ayrı başlıklar halinde verilmiştir. İlgili teknolojilerin animasyon endüstrisine mevcut ve olası entegrasyon yolları incelenmiştir.

BULUT TEKNOLOJİLERİ

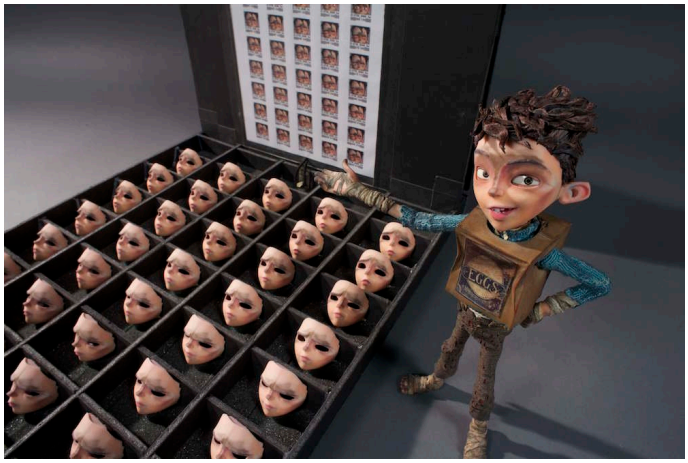
İletişim teknolojilerindeki gelişmeler üretim araçları ve süreçlerini ilgilendiren bütün bu yeniliklerden çok farklı bir şeye daha sebep olmuştur. Bu şey gerçek anlamda animasyon üretiminin küreselleşmesine imkân verecek bir işbirliği olanağının bulut teknolojileri sayesinde doğmasıdır.

Animasyon alanında şimdiye kadar ne tür gelişmeler olmuş olsa da bir bazı istisnalar hariç genel olarak ekibe dahil olmak için o şehirdeki o stüdyoda olmak gerekirdi. Bulut teknolojileri sayesinde artık ekip arkadaşınız bir kaç metre ötenizdeki bir masada ya da dünyanın başka bir yerinde olmasının önemli olmadığı bir işbirliği noktasına ulaşıldı (Gringon, 2018). Yakın zamana kadar iletişim teknolojilerinin bu tarz bir işbirliğine cevap verecek seviyede imkânları bulunmuyordu. Fakat bulut teknolojisi ve çevrim-içi proje yönetim araçları sayesinde artık çoklu proje grupları arasında proje dosyalarının paylaşımı ve proje yönetimi, işbirliği yapmayı daha kolay hale getirmekte, böylece daha küçük mekânlarda mükemmel bir proje koordinasyonu ve kaynaklara erişim mümkün olmaktadır (Banerjee, 2017). Bunun ekonomiklik faydasının yanısıra daha önce animasyon endüstrisinin parçası olmayan birçok insanın kendi bakış açıları ile endüstriye dahil olması (Gringon, 2018) ve bu sayede paylaşılan fikirlerin zenginleşeceği anlamına gelmektedir.

HIZLI PROTOTİPLEME / 3B BASKI

Animasyon için dijital dönüşüm bir ağacın dalları gibi farklı yönlerde gerektikçe yeni uzantılar oluşturarak ilerlemeye devam etmektedir. Bir yandan iki ve üç boyutlu bilgisayar grafiklerinde grafik tabletler ve dijital kalemler gibi araçlarla dijital heykel ve model üretim yöntemlerine dair teknikler gelişmekte diğer yandan sanal gerçeklik ile kullanıcıyı çevreleyen sanal sayısal ortamlarda benzer ürünleri farklı etkileşim ve izleme olanak-yaklaşımları ile yaratacak çok başka araçlar geliştirilmektedir. Ağacın çok farklı bir dalı da kukla, cut-out gibi en geleneksel teknikleri kapsayan stop-motion animasyonun dijitalleşmesi yönünde

ilerlemektedir. Üç boyutlu baskı, bir diğer adıyla hızlı prototipleme teknolojileri ile günümüzde Stop-Motion animasyon, temelleri aynı kalsa da farklı bir boyuta taşınmıştır. 3D Yazıcıların animasyon alanında kullanılmaya başlanması ile stop-motion animasyon tekniğinde elle halledilmesi gereken farklı mimikler için gerekli yüzlerce model hızlı prototipleme yöntemi ile hatasız biçimde üretilebilmektedir.



Görsel 1. LAIKA Stüdyosuna ait Kutu Cüceleri (The Boxtrolls) animasyon filmi için 3D print yöntemiyle basılmış yüz modelleri (Davies, 2008).

Karakterlerin seslere göre dudak hareketleri, farklı duygulara ait ağız, göz, kaş veya tüm yüz gibi farklı parçalarının birbiri ile eşkopya olan yedekleri ile birlikte eskiye nazaran hızla üretilebilmesi gibi gelişmeler sayesinde stop-motion tekniğinin zahmetli iş akışlarının günümüzün hızlı ticari hayatına adapte olabilmesi mümkün olmuştur.



Görsel 2. LAIKA Stüdyosuna ait *Kutu Cüceleri (The Boxtrolls)* animasyon filmi için 3D print yöntemiyle basılmış yüz modelleri (Davies, 2008).

Bu yöntemin bir diğer güzel yanı da geleneksel yöntemlerle birleşik biçimde kullanılabimesidir. Sony Animation Pictures Studios tarafından Nisan 2012'de yayınlanan *"The Pirates! Band of Misfits"* filminde 3d basılmış modellerin yanısıra organic hissiyatı korumak için kil kullanımına dair ihtiyacı; projede key animator olarak çalışan Ian Withlock *"Performans için en önemli şey gözlerden geçer. Daha organik bir performansa sahip olmak, gözleri kil olarak tutmak anlamına geliyordu. Böylece istediğimiz gibi davranmaya devam ediyor."* sözleriyle ifade etmiştir (Murphy, 2012).



Görsel 3. *The Pirates! Band of Misfits* Animasyon filmindeki korsan kaptan modeli için üç boyutlu basılmış ağız modelleri (Murphy, 2012).

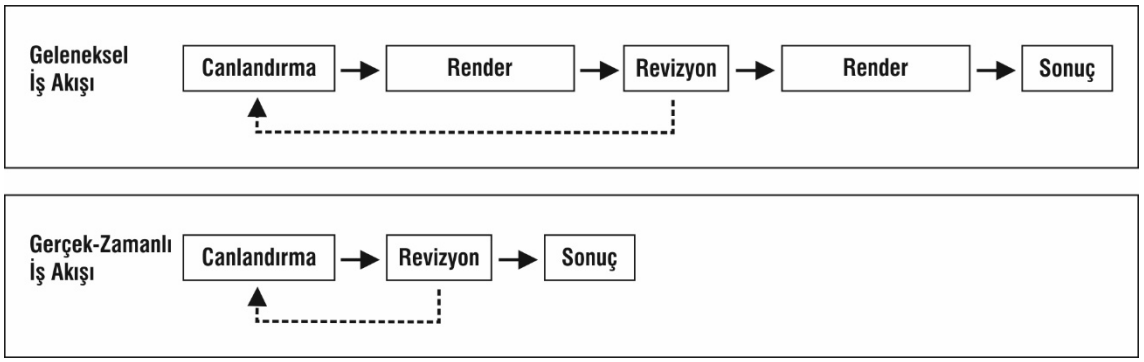
GERÇEK ZAMANLI RENDER

Önceden sadece tam gelişmiş render araçlarında bulunan *Işın Tarama* (ray tracing) ve fiziksel dünyayı taklit eden benzeri efektler gerçek zamanlı motorlara eklenmiştir. Böylece hesaplama zorluğundan kaynaklı, oluşturması oldukça uzun süren karmaşık sahnelerin Unity ve Unreal Engine gibi gerçek zamanlı motorlar ile üretilmesi artık gündemdedir. Genelde video oyunlarında ve ayrıca artırılmış/sanal gerçeklik uygulamalarından aşina olduğumuz gerçek-zamanlı görüntü hesaplama (render); görüntülerin kullanıcının sanal çevre ile etkileşimine imkân verebilecek kadar hızlı hesaplanarak görüntülenebilmesi işlemidir. Gelişmelere rağmen bu motorlar ile yapılabilenler halen V-Ray, Arnold, RenderMan ve FinalRender gibi render motoru olarak ana-akım sayılan araçların film üretim süreçlerindeki seviyesine erişebilmiş değildir (Failes, 2017b).



Görsel 4. *Fortnite* oyunu için *Unreal Engine 4* ile gerçek zamanlı oluşturulmuş fragman (Greene , 2017).

Buna rağmen özellikle filmlerin ön-üretim süreçlerinde kullanım alanı bulabilmiştir. Erken ön-görselleştirme süreçlerinde çekimlerin hızlı biçimde gözden geçirmesi, kompozisyon hakkında yeni kararlar alabilme ve hatta bu aşamadayken kameraları ve sahne öğelerini hemen hareket ettirerek sahneyi değiştirme ve ekibe geri bildirimleri anında uygulama becerisi kazandırmıştır. Böylece proje ekibi ön kararlar kısmından artırdıkları bu zamanı, en iyi görsel etkiye sahip film öğelerine odaklanmak için kullanabilirler. Gerçek zamanlı ortamlarda geleneksel karakter animasyonu bile gerekli değildir, hareketler gerçek-zamanlı platformdaki dinamik girdi aygıtları hatta dokunmatik ekranlarla bile yapılabilecek kadar pratiklik sağlar. Geleneksel ve gerçek-zamanlı görüntü hesaplama iş akış diyagramları Şema 1'de verilmiştir.



Şema 1. Geleneksel ve Gerçek Zamanlı Render İş Akış Diyagramları.
(Smith, 2018b)'den dönüştürülmüştür.

Sonuç ürün çıkarma konusunda ise sınırlılıkları halen mevcuttur, sofistike seviyede karmaşık modeller ve ek olarak aydınlatma, gölge, parçacık öğeler (duman, su, kar, çim vb.),

saç, elbise ve yerçekimi gibi dinamik elemanların gerçek zamanlı gösterilebilmesi için gerekli hesaplanma işleriyle başa çıkacak güçte grafik işlem gücüne ihtiyaç vardır. Yeterli işlem gücü bulunmadığı taktirde sahnedeki bütün bu öğelerin görüntülenmesi için harcanan milisaniyeler birbirine eklenerek gösterimde gecikmelere takılmalara yol açabilir. Bu nedenle işlem gücü açısından mümkün olan en iyi ana makine ve ona göre optimize edilmiş sahneler ile çalışılması gerekmektedir.

SANAL GERÇEKLİK

Sanal gerçeklik teknolojileri özellikle HTC Vive ve Oculus Rift gibi üst seviye cihazlar ile animasyon alanında kullanım alanı bulmuştur. VR teknolojileri için geliştirilmiş yazılımlar animasyon üretim sürecindeki farklı adımlardaki iş çeşitleri ile örtüşmektedir. Bu adımlar, ön-görselleştirme -kamera açılarına karar verme, animatik oluşturma- izleme / gözden geçirme ve modellemedir (Failes, 2017a).

VR'nin sunduğu imkanlar "hikâye anlatım ve animasyon yapım araçları" ve "sahne öğe ve karakterini modelleme-dokulandırma ve arka plan boyama araçları" şeklinde iki grupta incelendiğinde ilgili yazılımlar kullanım amaçlarına göre Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. VR Araçları ve Kullanım Alanları

Yazılım	Hikâye Anlatım ve Animasyon Yapım (+Sahne düzenleme, Işıklandırma vb.)	Model, Dokulandırma / Boyama
Tvori	✓	
AnimVR	✓	✓
PoseVR	✓	
Medium		✓
Quill	✓	✓
Mindshow		✓
Meet Ollie	✓	
TiltBrush		✓
Norman	✓	



Görsel 3. Tivori yazılımı ile anahtar kare canlandırma (Kullanıcı ve kumandaların sanal ortamdaki görünümü mavi renkli avatar ile verilmiştir) (Tvori, 2018).



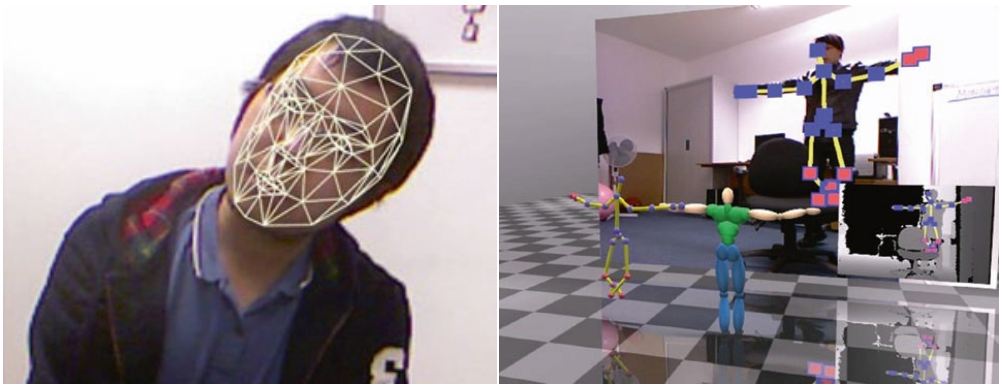
Görsel 4. Medium yazılımı ile 3boyutlu modelleme (Iamag (a), 2017).



Görsel 5. Medium yazılımı ile 3boyutlu modelleme (Iamag (b), 2018).

DERİNLİK SENSÖRLERİ

Animasyon endüstrisindeki kullanım alanı bulan yüksek bütçeli hareket yakalama sistemleri yerine daha erişilebilir çözümler bulma çabası son yıllarda sonuç vermeye başlamıştır. Mekanik sistemlerle başlayan süreç optik ve inersiyal sistemlerin oyuna dahil olmasıyla devam etmiştir. Bugün ise tek kişilik stüdyolar veya düşük bütçeli film/dizi projeleri için çok daha ekonomik olan Derinlik (RGB-D) Sensörleri kullanılmaktadır. Bu yöntemle hem iskelete ait hem de yüze ait hareket verisi edinilebilmektedir (Görsel 6). Derinlik sensörleri ile elde edilen sonuçlar, profesyonel sistemlerle elde edilen hareket verisine nazaran daha az hassas olsa da daha az detaya ihtiyaç duyan projelerin iş akışında kullanılabilir niteliktedir.



Görsel 6. a. Kinect tarafından tanımlanan 2B renkli görüntü ile üst üste bindirilmiş 3B yüzsel yer işaretleri (s. 5), **b.** Tespit edilen iskeletal/duruş rekonstrüksiyonu (Shen vd, 2016, s. 10).

Microsoft'un oyun konsolu ile entegre kullanılan Kinect sensörler gibi RGB-D sensörler hareket yakalama konusunda olduğu kadar 3boyutlu yüzey geometrisinin sayısal ortamda yeniden yaratılması, yani bir başka deyişle yüzey bilgisi elde etmeye yönelik 3D tarama için de kullanılabilir (Shen, Zhang, Yang, & Shum, 2016, s. 7).



Görsel 7. 3B iç mekan ve insan figürü rekonstrüksiyonları (Moya, 2016).

SONUÇ

Sanal ve Artırılmış gerçeklik, Gerçek Zamanlı Render, Hızlı Prototipleme ve Optik Tarama teknolojileri genel başlıklarında dersler önerilmiştir. Bu derslerden VR başlığında sanat, model üretimi ve animasyon'a yönelik altbaşlıklarla ilgili 3 spesifik ders diğer ana başlıklar ile ilgili daha genel birer ders önerilmiştir.

Tablo 1. Endüstri Eğilimleri ve Yenilikçi dersler

Yenilikçi Teknoloji	**Ders Adı**
Sanal Gerçeklik	Sanal Sanat Uygulamaları (Virtual ART)
	Sanal Gerçeklikte 3B Model Üretimi (3D Modeling in VR)
	Sanal Gerçeklik ile Animasyon (Animating in VR)
Artırılmış Gerçeklik	Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları (Augmented Reality Applications)
Gerçek-Zamanlı Oyun Motorları	Animasyon için Oyun Motorları ve Gerçek Zamanlı Görselleştirme (Game Engines and Real Time Rendering for Animation)
Hızlı Prototipleme	Animasyon için 3B Baskı (3D Printing for Animation)
Optik Sensörler (Fotografmetri, Lazer tarama vb.)	3B Geometrinin Edinimi ve İşlenmesi (Acquisition and Processing of 3D Geometry)

ÖNERİLER

Diğer Disiplinler ile İş birliği; Hem animasyon endüstrisi hem de animasyon eğitimi veren kurumların diğer disiplinleri ne şekilde ve ne miktarda kucaklaması gerekliliği düşünülmesi gereken bir diğer konudur. Bir sonraki adım için; Sanat, tasarım ve animasyon alanında çalışanlar ile mühendislik, tıp vb diğer disiplinlerin odağı doğru belirlenmiş çalıştaylar, sempozyumlar gibi toplantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri ve birlikte neler yapılabileceğini araştırmaları önemli görünmektedir.

KAYNAKÇA

Banerjee, S. (2017, October 9). *How Are New Technologies Improving The Creation Of Animation Films?* RS WEBSOLS: https://www.rswebsols.com/tutorials/technology/technologies-creation-animation-films adresinden alındı

Davies, S. (2008, August 27). *Famous Faces - How LAIKA is pushing the boundaries of 3D printing for animation*. Haziran 16, 2019 tarihinde The Magazine for Design-to-Manufacturing Innovation: https://www.tctmagazine.com/3d-printing-news/famous-faces-3d-printing-laika/ adresinden alındı

Failes, I. (2017a, 12 04). *Animation In A VR World: How Is It Different and How Is It The Same?* Cartoon Brew: https://www.cartoonbrew.com/vr/animation-vr-world-different-149804.html adresinden alındı

Failes, I. (2017b, 08 29). *How Real-time Rendering Is Changing VFX And Animation Production*. Cartoon Brew: https://www.cartoonbrew.com/tools/real-time-rendering-changing-vfx-animation-production-153091.html adresinden alındı

Greene , T. (2017, Jul 25). *Real-time rendering is the future of computer animation*. Haziran 14, 2019 tarihinde The Next Web: https://thenextweb.com/gaming/2017/07/25/real-time-rendering-future-computer-animation/ adresinden alındı

Gringon, R. (2018, July). *These Five Trends Are Rocking The Animation Industry*. Tech Crunch: https://techcrunch.com/2018/06/26/these-five-trends-are-rocking-the-animation-industry/ adresinden alındı

Iamag (a). (2017, 02 10). *ART IN VR: OCULUS QUILL PAINTINGS BY GORO FUJITA*. 06 26, 2019 tarihinde IAMAG.CO: https://www.iamag.co/art-in-vr-oculus-quill-paintings-by-goro-fujita/ adresinden alındı

Iamag (b). (2018, 02 06). *GORO FUJITA VR MASTER CLASS IN PARIS : "QUILL" A DOOR TO A NEW ART FORM*. iamag.co: https://www.iamag.co/goro-fujita-vr-master-class-in-paris-quill-a-door-to-a-new-art-form/ adresinden alındı

Moya, M. A. (2016). Motion Capture Based on RGBD Data from Multiple Sensors for Avatar Animation. *Master Thesis*. Barcelona School of Computer Science Polytechnic University of Catalonia (BarcelonaTech).

Murphy, M. (2012, January 21). *Tech and the movies: 3D printing brings new angle to animation*. Haziran 16, 2019 tarihinde Fox News Channel: https://www.foxnews.com/tech/tech-and-the-movies-3d-printing-brings-new-angle-to-animation adresinden alındı

Shen, Y., Zhang, J., Yang, L., & Shum, H. P. (2016, January). Depth Sensor-Based Facial and Body Animation Control. *Handbook of Human Motion* (s. 1-16). içinde doi:DOI: 10.1007/978-3-319-30808-1_7-1

Smith, B. T. (2018b, April 27). *Real-Time Rendering And The Future of Animation*. Nimble Collective: https://nimblecollective.com/real-time-rendering/ adresinden alındı

Tvori. (2018, Haziran 7). *Tvori - Create animated stories and prototype your ideas in VR*. Temmuz 1, 2019 tarihinde www.tvori.co: http://www.tvori.co/ adresinden alındı