

Bakış Takibi ile E-Öğrenme Materyalinde Konu Odağı ve Öğrenci Bakış Reflekslerinin İlgisini Değerlendirme

Cem Turan¹, Zerrin Ayvaz Reis^{2*}, Sevinç Gülseçen³

¹ Gelişim University, ² İstanbul University-Cerrahpaşa, ³ İstanbul University, * Corresponding author, zerrinareis@yahoo.com

Abstract

Öğrenme süreçlerinin önemli belirleyenlerinin başında; öğrenenin bu süreçte verdiği doğal tepkiler yer almaktadır. Bu tepkileri değerlendirmeden tasarlanacak uzaktan öğretim teknolojileri, öğrenciye yönelik bir dayatma olarak görülebilir. Bir insan olarak öğrenen tarafındaki öğrencinin doğal refleksleri, öğretim sürecinin başarımı hakkında önemli ipuçları veren, başlı başına genel amaçlı bir dildir (general purpose language) (Oben & Brône, 2012). Bu dilin özellikle e-öğrenme süreçlerine dâhil edilmesi gerekmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte insanın bu doğal reflekslerini tespit ve ölçme imkânları artmaktadır. İnsan bakış odağının, günümüz bilgisayarlarının standart donanımı haline gelmiş basit bir web kamerası ile takibi (eye gazing tracking) konusundaki çalışmalar, bu konunun e-öğrenme süreçlerinde öğrenci reflekslerini anında değerlendirebilme olasılığı, çalışmanın temel motivasyon noktasıdır. Bu çalışma, yakın geçmişe kadar ancak laboratuvar ortamlarında ölçülebilen bazı doğal insan reflekslerinin günümüzde sıradan bir bilgisayar sistemiyle de gerçekleştirilebileceğine bir örnek sunmayı amaçlamaktadır.

Keywords: Bakış takibi (Gazing tracking), İBE-İnsan-Bilgisayar etkileşimi (HCI-Human-Computer Interaction), E-öğrenme.

Citation: Turan, C., Reis, Z. A., Gülseçen, S. (2018, October) *Bakış Takibi ile E-Öğrenme Materyalinde Konu Odağı ve Öğrenci Bakış Reflekslerinin İlgisini Değerlendirme*. IMISC 2018 Conference Proceedings, 34-37.

Editor: H. Kemal İltar, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

Received: August 19, 2018, **Accepted:** October 18, 2018, **Published:** November 10, 2018

Copyright: © 2018 IMISC Turan et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Giriş

İnsanın, dış uzayında yer alan kavramlarla arasındaki öğrenme ilişkisinin nasıl kurulduğu, yüzyıllardır üzerinde çeşitli tartışmaların yapıldığı önemli bir konudur. İnsanun gerçekte nasıl öğrendiği ve onun için en uygun öğrenme metodunun ne olduğu sorusunun zamanla değişen yanıtları, öğretim tekniklerinin de zamana göre değişkenlik göstermesi durumunu ortaya koymaktadır.

Bilişsel (cognitive) bilimlerin insanın kavrayışını anlamak üzerine arayışları, aynı zamanda günümüzde bilgisayar bilimlerinin yapay zekâ uygulamalarına da ışık tutmaktadır (Aydın, 2013).

Öğretim teknolojilerinin son zamanlarda üzerinde çalıştıkları en temel konu öğrenenleri memnun eden ve onların performansını etkili bir şekilde arttıracak eğitim ürün ve programlarını tasarlamak ve geliştirilmiştir. Geçmişe göre bu konuda önemli değişiklikler meydana gelmiş, bilişim teknolojileri için daha fazla girmiştir. İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) bu noktada öğretim teknolojilerinin en önemli araçlarından birisidir. İBE çalışmaları uzun bir dönem laboratuvar şartlarında kullanıcı reflekslerini ölçmüştür (Çağrıtaş&Göktaş; 2018).

Bu tür laboratuvarlarda ekran başına oturtulan kullanıcının çeşitli doğal reflekslerinin özel cihazlarla tespiti ve değerlendirilmesi amaçlanmakta, yukarıda sayılanlar gibi teknolojiler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi de göz

irisinin optik yolla takibine (eye gazing tracking) dayalıdır ve bu ifade metinde bundan sonra kısaca bakış takibi olarak isimlendirilmiştir. Bu yöntem, nörofizyolojik ölçüm teknolojisinde arzu edilen seviyeye gelinene kadar, kullanıcıya doğrudan bir sensör bağlanmadığı için daha objektif çıktılar üretebilmeye adaydır. Bugüne kadar İBE laboratuvarlarında kullanılan özel amaçlı kameralarla gerçekleştirilen bu ölçüm tekniğinin, diğer alanlarda olduğu gibi laboratuvarından çıkarılarak özgürleştirilmesi ve günlük yaşama kazandırılması için çeşitli arayışlar devam etmektedir (King, 2016; Mayer&Cukier, 2013). Ayrıca eğitim teknolojileri gibi bire bir canlı uygulamalara dahil olabilmesi için de bu teknolojinin laboratuvar ortamı dışında, kullanım kolaylığı ve edinim maliyetlerinin herkesin erişebileceği seviyeye indirgenmiş olması gerekmektedir.

Son yıllarda bakış izleme teknolojilerinin yaygın olarak kullanımına yönelik umut vaat eden gelişme içinde olduğu gözlenmektedir. Bu eğilimin bir sonucu olarak yaygın kişisel bilişim teknolojilerinden olan web kameralarının bir bakış sensörü olarak kullanılmasına imkân veren görüntü işleme yazılımları geliştirilmektedir ("Webgazer.js", n.d.).

Brown Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Merkezi'ndeki bir grup araştırmacı ve akademisyen tarafından yürütülmekte olan Webgazer isimli projede de web kamerası ile bakış takibi yapılmaktadır ("Webgazer.js", n.d.). Proje ile kullanıcı tarafında (client-side) çalışan bir JavaScript uygulaması olarak geliştirilen

modül ile kullanıcının bakışları takip edilmekte ve ekranda baktığı konumların iki boyutlu koordinatları bir veri tabanına aktarılmaktadır.

Bu tür gelişim süreçlerinin geldiği noktada, bakış izleme teknolojisinin eğitim alanında öğrencinin istemdiği geri bildirim olarak kullanılması konusundaki çalışmaların ise henüz çok yeni olduğu yapılan literatür araştırması esnasında tespit edilmiştir. Yuyang ve diğerlerinin IIIH-MSP 2017 konferansındaki “Eğitimde Göz İzleme Uygulaması” sunumu, bunlardan birisidir. Jarodzka ve diğerlerinin yine 2017 yılı çalışması da göze çarpmaktadır. Ancak bu yayınların daha çok teorik ve kavramsal bir yaklaşım sundukları görülmektedir.

Statik görüntüler üzerinde bakışların yoğunlaşmasını ölçümleyen çeşitli çalışmalar mevcuttur. Buna yönelik pek çok İBE çalışması da vardır. Ancak yapılan literatür taramasında, ne dünyada ne de Türkiye’de akıcı eğitim materyalleri üzerinde konu odağı ile bakış odağı arasındaki mesafe ölçümüne dayalı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu önerinin şimdiye kadar yapılan çalışmalardan farkı, akıcı eğitim materyali üzerinde işaretlenen anlatı odağı ile bakış izlemelerinin merkezleri arasında geometrik yaklaşımlarla bir ilişkinin ortaya konulmasıdır. Bu somut mühendislik yaklaşımları açısından literatürde benzer bir uygulamaya rastlanmamıştır.

Biyolojik Verinin Sayısallaştırılması Teknolojileri

Teknolojinin gelişimine paralel olarak, son yıllarda canlıların biyolojik yapılarından verinin bilgisayar ortamına taşınarak sayısallaştırılması; önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir (King, 2016; Mayer-Schönberger V., Cukier K., 2013). Bu çalışmalardan pek çok sağlık sorununa çözüm üretmekten güvenlik ve insan-bilgisayar etkileşimi gibi pek çok değişik konuya kadar önemli kazanımların elde edilmesi planlanmaktadır. Aşağıda bu teknolojilerin kullanıldığı alanlar:

1. Beyin Sinyallerinin Sayısallaştırılması: Son yıllarda nörofizyolojik ölçüm teknikleri üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Elektroensefalografi (EEG), beyin sinir hücreleri (nöron) arasındaki elektriksel aktivitenin yüksek zamansal çözünürlükle anlık olarak izlenmesine imkân veren bir teknolojidir. Beynin çeşitli bölgeleri üzerine yerleştirilen hassas prob’lar ile nöronlar arasındaki sinaptik alanlarda meydana gelen elektriksel aktivite yoğunluğu algılanarak değerlendirilmeye çalışılır (“İnsan sinir sistemi-1”, 2018”).

Beyin içinde gerçekleştirilen karmaşık veri trafiğinin dış ortama taşınarak sayısallaştırılabilmesi, nöroinformatik çalışma alanını doğurmuştur (“Why neuroinformatics”, n.d.). Bu başarımlar önemlidir zira sayısallaştırılabilir veri bilgisayarlar tarafından üzerinde çalışılabilir hale gelmekte ve beynin gizemlerinin çözülmesine yönelik olarak veri bilimcilerinin kullanımına sunulmaktadır.

2. Genetik Bilginin Sayısallaştırılması: Benzer çığır açıcı durum, genetik alanında DNA dizilimlerinin sayısallaştırılmasında da yaşanmaktadır. Biyolojik yapımızın çeşitli özelliklerinin veya davranışlarımızın ölçülerek sayısallaştırılmaları için gerekli teknolojinin üretilmesi önemli bir kazanımdır ama tahmin edileceği üzere; halen yeni ve ilk çıktıklarında pratik yaşama geçmelerine engel olan büyük maliyetlere sahiptirler. 2000 yılında bir tek insanın genom dizisinin bilgisayar ortamına taşınmasının maliyeti 100 milyon USD olmuştur. 2018 yılında bu rakam sadece birkaç yüz dolara düşmüş, herkes tarafından erişilebilir fiyatlara ulaşması nedeniyle insanların gen dizilimlerini sayısallaştırıp sıralayan laboratuvarlar açılmaya başlamıştır (“DNA sequencing costs: Data”, n.d.). İşlem süresi ise aylardan dakikalara inmiştir.

Henüz laboratuvar koşullarında özel cihazlarla yapılan bu işlemin, makul bir süre sonra klasik bir bilgisayar aparatı ile herkesin bireysel yapabildiği bir eylem olacağını öngörmek hiç de zor değildir.

3. Bakışın Ekrandaki İzdüşümünün Sayısallaştırılması: Bilişsel tanılama (cognitive recognition) teknolojilerinin gelişmesi kadar, bireylerin özgürlüklerini kısıtlamadan veri transferinin sağlanması da önemli bir başarımdır. Nesnelerin İnterneti (IoT) kapsamında teknolojinin son yıllarda biyolojik verinin sağlanmasına yoğunlaştığı görülmektedir. Söz gelimi; kanın şeker düzeyini ölçmek için artık parmaktan kan almak gerekmediği gibi, eskiden ancak laboratuvar koşullarında kan tahlili ile öğrenilebilen pek çok biyolojik parametre artık kola takılan bir bant ile sürekli ölçülebilmekte, değerler takip edilebilmekte ve farklı veri tabanlarına transfer edilebilmektedir (King, 2016).

Öneri: Akıcı Materyalde Anlatı ve Bakış Odakları Arasındaki İlişkinin Sayısallaştırılması

Weibell (2011)’in de bahsettiği gibi şu anda kamu eğitimi teknolojiyle geliştirilmiş, harmanlanmış öğrenme sınıfında öğrenci merkezli, veri bilgili (veri hakkında bilgilendirilmiş kişi), öğretmen tarafından yönetilen, kişiselleştirilmiş öğrenmeye doğru ilerlemektedir. Kişiselleştirilmiş öğrenme faaliyetleri e-öğrenme modeli için de arzu edilen uygulama yöntemidir. Eğitim ve öğretim alanındaki faaliyetlere bakıldığında, bireyin bu faaliyetlere karşı ürettiği istemli ve istemsiz reaksiyonlarının ölçülmesi, başarımlar için hayati derecede önemlidir. Gözlemlenen öğretimi çalışmalarında henüz öğrenen tarafın bu reaksiyonlarını doğrudan öğrenme sürecine dâhil eden sistemlerin kullanılmadığı görülmektedir. Bu durum halen kişiye özel, yapay zeka ile desteklenmiş yeni akıllı öğretim metodlarının uygulanmasının önünde büyük bir engeldir.

Öğretim alanına içerik sağlayıcılar hazırladıkları bu içeriklerin amacına ulaşım ulaşıldığını anlamak amacıyla öğrenene yönelik anket tarzı yöntemlerle veri toplayıp değerlendirmeye çalışmaktadırlar. Bu beyanların göreceli ve anlık değişebilen pek çok parametreye bağlı algılama süreçlerinin her anını ifade edebilmekten uzak, çoğu kez öğrenenin bizzat kendisinin bir öğrenme eylemi sırasındaki otonom reflekslerinin farkında olmaması nedeniyle yanıltıcı çıktılar ürettiği bilinmektedir. Bu tür gerçek veriyi toplamaktan uzak yöntemlerle elde edilen bulguların sonuçları ve bu sonuçlara dayalı çözümler yetersiz kalmaktadır. Kısaca yanlış ölçüm yanlış üretim getirmektedir.

Bilgisayar, telefon, tablet gibi cihazların standart bir donanımı durumuna gelmiş bulunan web kameralarını kullanarak bakışın ekran üzerindeki izdüşüm koordinatlarını belirlemenin, sürekli gelişen eğitim teknolojilerinin önemli bir kırılım noktası olacağı öngörülmektedir (King, 2016; Mayer&Cukier 2013).

Bu arayışlar eğer yeterli hassasiyete sahip bir ölçüm ortamıyla sağlanabilirse öğrenciler pek çok avantajlara sahip olacaklardır. Önerimiz; kişiselleştirilmiş öğrenme modellerine çözüm olabilecek gerçek veriyi daha düşük maliyetle elde etmek üzerine kurgulanmış bir modeldir. Amaçlanan uygulama; öğrencinin doğal bakış refleksleri ile anlatılan konuya odaklanma seviyesi ve niteliğini tespit ederek, ders materyallerinde yapılacak içerik güncelleme faaliyetlerine katkı vermektir.

Bu önerinin uygulanabilmesi için gerekli olan yazılım ve donanım unsurları şöyledir:

Web kamerası,

Web kamerasındaki görüntüyü işleyerek izleyenin bakış koordinatlarını tespit eden görüntü işleme kütüphanesi (Webgazer ve benzerleri),

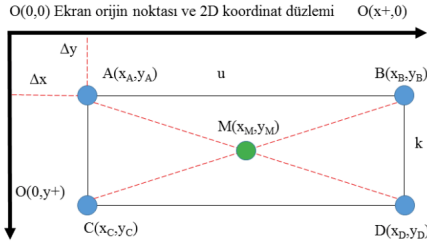
Akıcı görüntü üzerinde konu odağını işaretleyen ve/veya algılayan, bu alanın geometrik ortalamasını alarak bakış koordinatları ile karşılaştıran uygulama.

E-öğretim süreçlerini yoğun olarak kullanan uzaktan eğitim altyapısı giderek yoğunlaştığına ve tümüyle bir akademik programa atfedilmeye başlandığına göre her bir öğrenci hakkında, öğretim programı müddetince elde edilecek tüm bilişsel veriler; öğrencinin sosyal iletişim yapısı, gerçek ilgi alanlarının tespiti ve diğer örtük altyapısının da analizinin yapılmasını mümkün kılabilir.

Webgazer gibi sistemler, genel amaçlı bir donanımın tanımlama için kullanıldığı görüntü işleme (image processing) aletleridir ("WebGazer.js", n.d.). Dolayısıyla bu teknolojinin nerede kullanılacağı, bu aleti yorumlayan ve uyarlayanların amaçlarına göre değişecektir. Bu teknolojinin özellikle e-öğretim süreçlerine dâhil edilmesi, ihtiyaç duyulan ama halen bir kör nokta olan gerçek verinin, öğrencinin aktif katılımıyla gerçek zamanlı olarak elde edilmesini mümkün kılacaktır.

Yöntem

Projede temel analitik geometri kurallarından yararlanılmıştır. İlk aşamada; akıcı eğitim görseli üzerinde zamana göre değişen ve anlatının ana unsuru kabul edilen alan dörtgensel bir çerçeve ile işaretlenmekte ve şeklin merkezi, nokta analitiği kullanılarak hesaplanmaktadır.

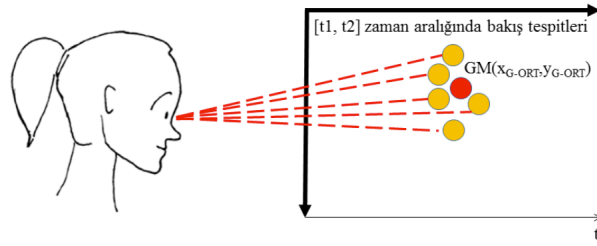


Şekil 1. Seçim dörtgeninin ekrana göreceli koordinatlarının tespit edilmesi.

İkinci aşama çalışma akıcı görseli izleyen öğrenenin, izlenmekte olan bakış izdüşümü koordinatlarının veri tabanına kaydedilen sayısal verileri üzerinde yapılmaktadır. Bakış eylemi sürekli bir etkinliktir. Bu nedenle bir zaman aralığında izleyicinin çok sayıda bakış koordinatı üretilmektedir. İncelenmekte olan zaman aralığı için anlatı öznesiyle ilişkinin sağlıklı olarak kurulabilmesi için bakış verilerinin tamamını temsil eden, tekil bir değere indirgenmesi gerekmektedir. Bu indirgeme yapılırken, tespit edilen her bakış noktası G olmak üzere, incelenen zaman aralığındaki n sayıdaki bakışı temsil edecek bakışların geometrik merkez noktasını temsil etmek için bakış merkez noktasının koordinat bileşenleri elde edilmiş olur. Bu şekilde, projenin iki ana unsuru olan anlatı merkezi $M(x_M, y_M)$ ve bakış merkezi $GM(x_G-ORT, y_G-ORT)$ incelenmek istenen $[t_1, t_2]$ zaman aralığı için tespit edilmiş olur. (Bakınız Şekil 2)

Sonraki evre, bu iki nokta arasında önem atfedilebilecek bir ilişkinin kurulmasıdır.

Bu serinin elemanlarına bakarak, ders görsel materyalini seyretmekte olan izleyicinin ders anlatısına odaklanması konusunda fikir oluşturulmaya çalışılır. Sözgelimi; uzaklıklar kümesindeki en küçük elemanın elde edildiği zaman, dinleyicinin anlatı öznesine en yakın olduğu an olduğundan; odaklanmanın en



Şekil 2. $[t_1, t_2]$ zaman aralığındaki bakışları temsilen merkez noktasının tespiti.

yoğun kazanılabildiği zaman olarak seçilebilir. Uzaklık değerleri kümesi bir histogram oluşturur. İncelenen anın sağından ve solundan yaklaşılarak dinleyici odağının hangi zamanlarda, aşağı ve yukarı yönde değişim gösterdiği üzerine yorum geliştirilebilir. Bu analiz, aynı zaman aralığında anlatılmakta olan konu ile özdeşleştirilerek ders içeriğinin şekillendirilmesinde kullanılabilir.

Elde edilen bu veri seti, öğrenen ve öğretilen arasındaki ilişkinin bakış refleksi kullanılarak anlaşılmasına olanak tanıyan bir araç olabilir. Çıktıların zamana, içeriğe, farklı öğrenenlerle zenginleştirilecek kitleye, aynı dinleyenin tekrarlı olarak aynı içeriğe verdiği tepkiye göre yeniden analiz edilmesi; farklı yönlerden, eğitim içeriği geliştiricilere önemli ipuçları sağlayabilecektir.

Bakış ve anlatı odağı mesafelerinin ölçümüne dayalı senaryonun ve önerilen yöntemin anlamlı çıktılar üretmesi ve içerik üreticisi tarafından değerlendirilebilmesi için bir ders oturumunu mümkün olduğunca küçük anlamlı yapı taşlarına parçalamak, önemli bir altyapı oluşturacaktır. Bu projede bir dersin parçalanabilecek en küçük, anlamlı yapıtaşı ders hücresi olarak ifade edilmiştir. Ders hücresi, öğrenene bir alt başlık hakkında bilgi veren çekirdek yapı olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla, bir ders oturumu belirli sayıda ders hücresinin birleşiminden oluşur. Yukarıdaki ölçüm sonuçları her bir ders hücresi için ayrı ayrı değerlendirilerek, her öğrenci ve başlık için hücre bazlı öngörüler üretilebilir. Bu tekniklerle, anlaşılmamış ders hücreleri yeniden harmanlanarak bütün bir oturumun izlenmesine gerek olmaksızın, yeniden öğrenciye sunulabilir.

Her izleyiciden elde edilen verilerin birikimi ile elde edilecek veri tabanı, ilgili ders hakkında bir kitlenin ortak karakteristik davranışını sezinleyebilecek çok boyutlu çıkarımlar yapabilmeye elverişli bir ortam hazırlayacaktır. İlgili ölçümlerin zaman içinde oluşturacağı büyük veri üzerinde çeşitli veri madenciliği çalışmaları yapılabilir ve kişiye özel öneri sistemleri kurgulanabilir.

Tartışma ve Sonuç

Öğretim süreçlerinde öğrencinin laboratuvarından çıkarak, doğal davranış ortamından kalması önemlidir. Öğrenenin tepkisi, öğrenme eylemi süresince değişkendir. Bu davranışlarındaki çıktılara göre anlık değerlendirmeler yaparak dinamik bir içerik ve yöntem geliştirebilen e-öğrenme tasarımları, günümüz yapay zekâ ve kullanıcı dostu teknoloji arayışlarının en önemli başarımlarından birisi olacaktır.

Giderek artan çalışmalar göstermektedir ki insan beyni kendisine özgü bir yöntem kullanarak öğrenir. Herkesin bir öğretim sürecindeki kazanımları elde etme yöntemi birbirinden farklı olabilir. Bu gerçeklikten hareketle, öğretim faaliyetleri de önümüzdeki dönemde kişiye özgü tasarımlar kullanılmalıdır. On yıllardır psikoloji ve bilişsel bilimcilerin eğitim sektörünü eleştirdiği en önemli husus, insanların sahip olduğu geniş bir bilişsel çeşitliliği tek norm olarak görerek ele alması ve ortak şablonu uygulama konusunda eğitim programlarının ısrarıdır.

Eğitim bugüne kadar sahip olduğu teknik imkânların yetersizliği ile tek modeli bu kadar zengin bir öğrenen profiline uygulamak zorunda kalmış olabilir. Ancak bugün gelinen teknolojik seviye, yapay zekâ ve sensörler dünyasındaki gelişmeler bir kıyafet ölçüsü gibi eğitimin de kişiye özel uyarlanabilir bir kavram olabileceğine yönelik inançları artırmıştır.

Eğitimcilerin çoğunun düşündüğü gibi “öğrenci dersi yönlendirebilirse en iyi ders ortamı sağlanabilir” tezi yaygın olarak kabul görmektedir. Bu yaklaşımda ortaya konulmak istenen; öğrencinin bilişsel refleksleri ile belki de istem dışı olarak dersi yönlendirebilmesi, öğrencinin bilinçli katılımdan hariç olarak, bilinçaltının derse katılımının mümkün olabileceğine dikkat çekmektedir.

Bu çalışma ile öğrencinin doğal bakış refleksleri ile anlatılan konuya odaklanma seviyesi ve niteliği hakkında çıkarımda bulunmak amaçlanmıştır. Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti çalışmalarının bir sonucu olarak sensör teknolojilerinin giderek ucuzlaması nedeniyle, doğal insan tepkilerinin süreçlere daha yoğun olarak katılacağı düşünülmektedir. Bu proje önerisi, pahalı ek bir donanıma gerek olmaksızın standart bir bilgisayar sistemini, insan-bilgisayar etkileşimi için ölçüm merkezine dönüştürerek uzaktan öğretime girdi sağlayacak bir ön sistem yaklaşımıdır.

Web ortamındaki hareketli veriler üstündeki anlatı merkezinin tespiti şimdilik kullanıcı işaretlemelerine bırakılmış ise de çalışmanın bir sonraki evresinde, görüntü işleme dayalı makine

öğrenmesi teknikleri kullanılarak akıcı görüntü odağının doğrudan bilgisayar tarafından tahmin edilmesini sağlamak planlanmaktadır.

Kaynakça

- Aydın A.O. (2013). Yapay zeka: Bütünlük bilişe doğru. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları
- Barabási A.L. (2010). Bağlantılar. İstanbul: Optimist Yayın Dağıtım
- Cağiltay K., Göktaş, Y. (2018). Öğretim Teknolojilerinin Temelleri: Teoriler Araştırmalar Eğilimler, 2.Baskı (Basım öncesi sürüm). Bölüm 18: İnsan Bilgisayar Etkileşimi ve Öğretim Teknolojileri. Pegem, Editörler: Cağiltay K., Göktaş, Y. (297-314). Erişim https://www.researchgate.net/publication/308076938_Insan_Bilgisayar_Etkilesimi_ve_Ogretim_Teknolojileri
- DNA sequencing costs: Data. (n.d). Erişim: <https://www.genome.gov/sequencingcostsdata>
- Jarodzka H., Holmqvist K., Gruber H. (2017). Eye tracking in Educational Science: Theoretical frameworks and research agendas. *Journal of Eye Movement Research*. 10(1):3,1-18
- King B. (2016). Artırılmış Gerçeklik. İstanbul: Kapital Medya Hizmetleri
- Mayer-Schönberger V., Cukier K. (2013). Büyük Veri. İstanbul: Paloma Yayınevi
- Oben B., Brône G. (2012). What you see is what you do. on the relationship between gaze and gesture in multimodal alignment. *Leuven Working Papers in Linguistics*.
- Weibell, C. J. (2011). Principles of Learning: 7 Principles to Guide Personalized, Student-Centered Learning in the Technology-Enhanced, Blended Learning Environment. Erişim: <https://principlesoflearning.wordpress.com/2011/06/01/7-principles-of-learning-the-short-version/>
- WebGazer.js: Democratizing webcam eye tracking on the browser. (n.d.). Erişim: <https://webgazer.cs.brown.edu>
- Why neuroinformatics. (n.d.). Erişim: <https://www.incf.org/about/why-neuroinformatics>
- Yuyang, S., Qingzhong, L., Honggen Z., Jiancheng, Z. (2017). The Application of Eye Tracking in Education, IHH-MSP 2017: Advances in Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing. pp 27-33.