17. BÖLÜM / CHAPTER 17

GÜNCEL BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ

CURRENT INFORMATION TECHNOLOGIES

Zeki ÖZEN*

*Dr., İstanbul Üniversitesi, Enformatik Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-mail: zekiozen@istanbul.edu.tr

DOI: 10.26650/B/ET07.2021.003.17

ÖZ

Bilişim teknolojileri günlük hayatımızın ve profesyonel iş yaşamının her alanına etki etmektedir. Sağlık, finans ve eğitim gibi pek çok sektörde bilişim teknolojileri yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle son on yılda karar verme süreçleri, görüntü tanıma ve görüntü işleme, konuşma tanıma, kişisel asistan hizmetleri, otonom araçlar ve sohbet robotları gibi uygulamalarla yapay zekâ teknolojileri bilinirliğini ve yaygınlığını artırmıştır. Görüntü, ses, sinyal gibi veri kaynaklarındaki çeşitlilik verinin boyutsal olarak artmasını sağladığı gibi verinin yoğunluk ve çeşitlilik kazanmasını da sağlayarak büyük veri kavramını ortaya çıkarmıştır. Bilgisayar hesaplama gücünün, depolama ve bellek kapasitesinin yetmediği durumlarda veri depolama, hesaplama, altyapı hizmetleri ve ilave olarak çeşitli yazılım ihtiyaçları da artık internet üzerinden bulut bilişim olanaklarıyla kullanıcılara sunulmaktadır. Günümüzde yalnızca cep telefonları ve bilgisayarlar değil neredeyse tüm elektronik cihazlar, fabrikalardaki üretim elemanları, tıbbi cihazlar nesnelerin interneti konseptinde sensörler vasıtasıyla bulunduğu ortamdan veri toplamakta ve internet aracılığı ile birbirleriyle ve sunucularla iletişim kurabilmektedir. Sensör ve internet erişimi günlük kullanımdaki veya üretim süreçlerindeki elektronik cihazların yanı sıra saat, kolye, gözlük gibi aksesuarlarda ve giysilerde giyilebilir teknolojiler olarak insanların istifadesine sunulmaktadır. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin sağladığı zaman ve maliyet avantajları özellikle modelleme, simülasyon, planlama, üretim süreçleri ve eğitim alanlarındaki kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Bir ürünün bilgisayarda modellendikten sonra çeşitli hammaddeler kullanılarak üzerine eklemeli biçimde 3 boyutlu yazdırma ile fiziksel olarak üretimi yapılabilir. Böylece birden fazla parçanın montajını gerektiren üretim süreçleri yerini daha az maliyetle ve daha kısa sürede ürün ortaya çıkaran eklemeli üretim teknolojisine bırakmaktadır. Bilişim teknolojileri 2008 yılında Bitcoin isimli dijital para sistemi ve arkasında yatan Blok zincir teknolojisiyle finans ve ticaret hayatını da dönüştürmeye başlamıştır. Blok zincir mimarisi kripto paraların dışında da diğer sektörlerde kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Bu çalışmada yukarıda bahsedilen ve önemli görülen güncel bilişim teknolojilerinden yapay zekâ, blok zincir, bulut bilişim, büyük veri, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti, 3 boyutlu yazdırma ve giyilebilir teknolojiler hakkında kavramsal bilgiler sunulması ve sağlık alanındaki çeşitli uygulama örneklerine yer verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, blok zincir, büyük veri, nesnelerin interneti, giyilebilir teknolojiler, sağlık

ABSTRACT

Information technologies affect every aspect of our daily life and professional business life. Information technologies are used extensively in many sectors such as health, finance, and education. Especially in the last decade, artificial intelligence technologies have increased their awareness and prevalence with applications such as decision-making processes, image recognition and image processing, speech recognition, personal assistant services, autonomous vehicles, and chatbots. The diversity in data sources such as images, sound, and signals has rendered data to increase dimensionally, as well as gain volume and variety, thereby resulting in the concept of big data. In cases where computing power, storage, and memory capacity are not sufficient, data storage, computing, infrastructure services, and additionally various software needs are now offered to users with cloud computing facilities over the internet. Nowadays, not only mobile phones and computers but almost all electronic devices, production machines in factories, medical devices collect data from the environment they are located in the concept of the Internet of Things and communicate with each other and servers via the internet. Sensors and internet access are offered to people as wearable technologies in accessories such as watches, necklaces, glasses, and clothes, as well as electronic devices in daily use or production processes. The time and cost advantages provided by virtual reality and augmented reality technologies are becoming widespread, especially in modeling, simulation, planning, production processes, and education. After a product is modeled on a computer, it can be physically produced by using various raw materials with 3D printing. Thus, production processes that require the assembly of more than one piece are replaced by additive manufacturing technology that produces products with less costs and in a shorter time. Information technologies started to transform the financial and commercial life with the digital money system called Bitcoin and the blockchain technology behind it in 2008. Blockchain architecture has started to find its use in other sectors besides crypto coins. This study aims to present conceptual information about artificial intelligence, blockchain, cloud computing, big data, virtual reality and augmented reality, the Internet of Things, 3D printing, and wearable technologies, and include various application examples in the field of health.

Keywords: Artificial intelligence, blockchain, big data, Internet of Things, wearable technologies, health

1. Giriş

Son yıllarda popüler olan bilişim teknolojilerini ele almadan önce dünya genelinde bilgisayar ve İnternet kullanıcılarının sayısına ve kullanıcıların bilişim teknolojilerinden istifade etmek için tercih ettikleri platformlara bakmak faydalı olacaktır.

Günümüzde İnternetsiz bilgisayar ve bilişim teknolojileri düşünülememektedir. Buna paralel olarak da Dünya nüfusunun %59'u yani 4,57 milyar kişinin İnternete erişimi bulunmaktadır (Statista, 2020a).

Bilgisayarın günlük kullanımda yaygınlaşmasını sağlayan PClerin (*personal computer*) yerini günümüzde bir bilgisayarın yaptığı işlemleri yerine getirebilen tablet ve cep telefonu gibi mobil cihazlar almış durumdadır. Haziran 2019 – Haziran 2020 arası mobil, PC ve tablet pazar payları sırasıyla %50,13, %47,06 ve %2,81 oranındadır (StatCounter Global Stats, 2020).

Dünya çapında İnternette harcanan süreler bakıldığında 2011 senesinde masaüstü bilgisayarlardan 43 dakika, mobil cihazlar üzerinden 32 dakika olarak ölçülmüştür. 2021 senesinde

ise bu rakamların mobil cihazlardan 155 dakika masaüstü bilgisayarlardan ise 37 dakika olacağı öngörülmüştür (Statista, 2020b).

Burada bir kısmı verilen bu istatistiklere bakıldığında mobil cihazların son yıllarda küçülmesi, yeteneklerinin artması ve İnternet erişim altyapı ve kalitesinin artmasıyla kullanım açısından masaüstü bilgisayarları geride bıraktığı görülmektedir.

2. Güncel Bilişim Teknolojileri

Güncel ve son yıllarda popülerliğini artıran bilişim teknolojileri olarak Yapay Zekâ, Blok Zincir, Bulut Bilişim, Büyük Veri, Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik, Nesnelerin İnterneti, 3 Boyutlu Yazdırma/Üretim ve Giyilebilir Teknolojiler sayılabilir (NovelVista, 2020; Williams, 2020). Aşağıda maddeler halinde verilen bilişim teknolojilerinin her birini müstakil olarak ele alan kitaplar yazılmıştır. Bu kitap bölümünde ise bu teknolojileri kısaca anlatmakla yetineceğiz ve sağlık sektöründeki uygulamalarından birkaç örnek vereceğiz.

2.1. Yapay Zekâ

Hiç kuşkusuz son yılların en popüler bilişim teknolojileri arasında yapay zekâ en başta gelmektedir. Yapay zekâ fikrinin temelinde insan gibi düşünen ve insan gibi karar alan veya insanın aldığı kararları pekiştiren veya alternatif kararlar sunan zeki sistemler tasarlama yatmaktadır. Yapay zekânın isim babası John McCarthy, yapay zekâyı “akıllı makineler, özellikle de akıllı bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliği” olarak tanımlamaktadır (McCarthy, 2007).

Aslında geçmişi 1940’lı yıllara kadar uzanan yapay zekâ son on yılda bilinirliğini ve yaygınlığını artırmıştır. Bilgisayarların işlemci güçlerinin ve bellek kapasitelerinin artması ve bulut bilişim hizmeti fiyatlarının ekonomik seviyelere gelmesi eskiden hesaplaması uzun süre isteyen yapay zekâ algoritmalarının çalışmasını daha kısa sürelere indirmiştir. İlave olarak önceleri sadece işlemci üzerinden yapılan hesaplamaların gelişen teknolojiyle birlikte ekran kartı işlemcisi üzerinden daha kısa sürede yapılması Derin Öğrenme (*Deep Learning*) algoritmalarının popülaritesini artırmıştır.

Yapay zekâ uygulamaları zaman içerisinde kullanımı çeşitli alanlara yayıldığından yapay zekâ yapı itibarıyla içinde alt disiplinleri içeren bir şemsiye kimliğine bürünmüştür. Kapsadığı alt disiplinler arasında makine öğrenmesi ve veri madenciliği, robotik, uzman sistemler, bulanık mantık, doğal dil işleme, makine görüşü, optimizasyon sayılabilir (Bkz. Şekil 1).

Şekil 1. Yapay zekânın alt disiplinleri (Meraji, 2017'den uyarlanmıştır.)

Yapay Zekânın en çok kullanıldığı alanların başında sağlık sektörü gelmektedir (De Cormis, 2019; Shah, 2019). Makine öğrenmesi, yapay sinir ağı ve derin öğrenme algoritmalarının klinik veri ile eğitilmesiyle hastalıkların teşhisinde, makine görüşü teknolojileri ile röntgen, tomografi çekimlerinin analiziyle kanser gibi hastalıkların ileri evrelere yayılmadan tespitinde, robotik teknolojisi sayesinde ameliyatların otonom robotlar ile yapılmasında, kural tabanlı uzman sistemler aracılığıyla yine hastalıkların tespitinde, ilaç yapımında, genom yorumlanmasında, ataklı seyreden hastalarda atak zamanının önceden tahmin edilmesi gibi birçok yerde kullanılmaktadır (Jiang ve diğerleri, 2017; Yu, Beam ve Kohane, 2018; Davenport ve Kalakota, 2019).

2.2. Blok Zincir

Satoshi Nakamoto'nun 2008 yılında Bitcoin adını verdiği dijital para sistemi hakkında yazdığı makale ile Blok zincir (*Blockchain*) teknolojisi popüler olmaya başlamıştır (Nakamoto, 2008). Blok zincir kısaca herhangi bir içeriğin (sanal para birimleri için para transferi bilgisi, demirbaş kayıtları, tapu kayıtları, karne, diploma, kimlik kayıtları vb) dağıtık ağ üzerinde şifrelenerek saklandığı teknolojidir (Tübitak Bilgem, 2017).

Blok zincir teknolojisi, bir kullanıcının bir bloğa kayıt ekleme sürecinde açık anahtar şifreleme altyapısını (*asimetrik kriptografi*) kullanır. Bu sistemde her kullanıcının kendisine ait bir özel/gizli anahtarı (*private key*) ve bir de özel anahtardan üretilmiş bir açık anahtarı (*public key*) bulunur. Kullanıcı kendine ait özel anahtar ile bir metni veya transfer işlemini imzalar (Underwood, 2016). Bu sebeple blok zincir içindeki kayıtlar inkâr edilemez yapıdadır. İmzalanan içeriğe kullanıcının açık anahtar bilgisi eklenir ve işlem kaydı ağa yayımlanır (Crosby, Pattanayak, Verma ve Kalyanaraman, 2016). Yapılan bu transfer işlemi veya imzalanan içerik ağdaki diğer kullanıcılar tarafından kriptografik algoritmalar ile doğrulanır fakat işlem içeriğine erişilemez çünkü içerik sadece sahibine ait özel imza ile görüntülenebilir (Kardaş, 2019). Doğrulanayan kayıtlar da belirli aralıklarla işlenerek bloklar oluşturulur ve ağdaki herkes tarafından paylaşılır (Tübitak Bilgem, 2017). Böylece yapılan işlemlerin birbirine eklendiği (zincirlendiği) bir blok yapısı meydana gelir.

Bloklar kendi içindeki kayıt/işlem bilgilerine ilave olarak bir önceki bloğun içeriğinin şifreli özet bilgisini de (*hash*) saklar. Farklı olarak sadece ilk blok (*genesis blok*) kendinden önce başka bir bloğa bağlı olmadığından özet bilgisi bulunmaz (Hill, Chopra ve Valencourt, 2018) (Bkz. Şekil 2). Bu sayede önceki blokların içeriğinde yapılacak bir değişiklik sonraki blokların da şifreli özet verisinin tutulduğu kayıt alanlarını etkileyeceğinden önceki bloklar da asla değişiklik yapılamaz. Bu özellik blok zincir yapısında tutulan içeriğin hiçbir şekilde değiştirilemeyeceğini ve silinemeyeceğini garanti eder.

Şekil 2. Blok zincir yapısı

Blok zincir teknolojisi işlem sahibinin anonimize edilerek gizlilik sağlaması, açık ve özel anahtar kullanımı ile içeriklerin sadece sahibi tarafından erişilebilir gizlilikte olması, blok içeriklerinin değiştirilemez, silinemez ve inkar edilemez yapıda olması, kayıtların merkezi yapı yerine dağıtık mimaride tutulması sayesinde bir otoriteye bağlı olmaması ve aynı zaman-

da şeffaf yapıda olması, zincire eklenen her bir işlemi ağdaki bilgisayarların çoğunluğunun doğrulamasının yeterli olması, zaman ve maddi kaybı engelleyen verimli işleyiş mekanizması, 7/24 her an kullanılabilir olması, açık kaynak kodlu olması gibi özellikleriyle yeni bir devrin kapısını aralamıştır (Chen, Xu, Lu ve Chen, 2018; Golosova ve Romanovs, 2018).

Sağlık alanında blok zincir uygulamalarına bakıldığında elektronik sağlık/medical kayıtların blok zincir içinde tutulması, akıllı cihazlar ve sensörler aracılığıyla toplanan verinin blok zincir altyapısı kullanılarak hasta ve doktorlar arasında paylaşımının yapıldığı sağlık veri sistemlerinin oluşturulması, giyilebilir teknolojilerin ürettiği verinin güvenli olarak saklanacağı veri ortamının sağlanması, tıbbî görüntülerin saklanması, sağlık kayıtlarının klinik araştırmalar için paylaşımının yapılması, üreticiden hastaya ilaç takibinin yapılması gibi uygulamalar sayılabilir (Bell, Buchanan, Cameron ve Lo, 2018; Hasselgren, Kravetska, Gligoroski, Pedersen ve Faxvaag, 2020; McGhin, Choo, Liu ve He, 2019).

2.3. Bulut Bilişim

Kurum ve kuruluşların ihtiyaç duyduğu sunucu, depolama alanı, veri tabanı, ağ hizmeti (*networking*), çeşitli yazılım, veri analizi, yapay zekâ tabanlı analiz araçları gibi pek çok farklı hizmeti İnternet (*cloud*) üzerinden temin etmesi bulut bilişim (*cloud computing*) olarak isimlendirilmektedir (Microsoft, 2020a). Goundar (2012) “bulut bilişim” kullanımının nereden geldiğine ilişkin iki farklı açıklama yapmıştır:

(1) Gökyüzüne bakıldığında nasıl ki bulutlar fiziksel konumdan bağımsız şekilde bir yerde görülebilirse, yine fiziksel konumdan bağımsız olarak İnternete her bağlanıldığında bulut bilişim sayesinde veri ve bilgiye erişim mümkündür.

(2) Teknik açıdan ağ yapılandırma şemaları, yerel alan ağı (*Local Area Network – LAN*) ve sanal özel ağ (*Virtual Private Network – VPN*) bağlantılarından uzak İnternet bağlantıları kabarcık bulut simgesiyle gösterilmektedir.

Buradan hareketle, İnternet üzerinde e-posta gibi basit bir uygulamayı kullanan bir kurum ya da kuruluşun bulutta hesaplama yaptığı söylenebilecektir. Bulut bilişim, kullanıcı tarafındaki fiziksel donanımda bilgi veya yürütülebilir dosyalar olmadan, uzak bir sunucudan çalıştırma kavramı için kullanılan terimdir (Klein, 2011). Bulut bilişimle verilen hizmetler üç ana kategoride sınıflandırılabilir (Goyal, 2013; Kulkarni, Gambhir ve Palwe, 2012):

- **Yazılım (Software as a Service - SaaS):** Bu kategorideki hizmetlerde adından da anlaşılacağı gibi ihtiyaç duyulan yazılımlar uzak sunucu üzerinde koşturulmakta ve kullanımı için de kullanıcılara çeşitli lisanslama seçenekleri sunulmaktadır.

- **Platform (Platform as a Service - PaaS):** Çeşitli uygulama ve hizmetlerin geliştirilmesi için gerekli platform ve ortam sunulmaktadır.
- **Altyapı (Infrastructure as a Service - IaaS):** Son olarak altyapı kategorisi, sanal ortamdan hesaplama kaynaklarına erişimi sağlamaktadır.

Amaca yönelik bulut bilişim markaları içinde OpenNebula (OpenNebula Systems, 2020), Eucalyptus (AppScale Systems, 2020), Nimbus (University of Chicago, 2020) açık kaynak (*open source*) erişimli; Microsoft Azure (Microsoft, 2020b), Amazon Web Services (AWS) (Amazon Web Services, Inc., 2020) ise ticari (*commercial*) alternatifler arasındadır.

Bulut bilişimden faydalanarak yalnızca ihtiyaç duyulan hizmet için kullanılan kadar ödeme yapıldığından maliyetten tasarruf sağlanabilir, daha geniş veri depolama alanlarına daha az maliyetle erişilebilir, ilgili hizmete ilişkin sürekli destek alınabilir, İnternete erişim olduğu sürece zaman ve mekân bağımsız olarak veri ve uygulamalar daha esnek biçimde kullanılabilir (Selcukcan Erol, Kartal Karatas, Ozen ve Gulsecen, 2012).

Öte yandan sağlık alanında kurumsal verinin buluta dolayısıyla hizmet sağlayıcıya aktarılması bir dezavantaj olarak görülebilmektedir (Advanced Micro-Electronics, Inc., 2017). Sağlık verisinin çok hassas bilgiler içermesi nedeniyle hastaların tıbbi kayıtlarının güvenli bir şekilde koruması çok önemlidir (Mohit, Amin, Karati, Biswas ve Khan, 2017). Bu nedenle de tıp alanında özellikle veri depolama, veri tabanı gibi bulut bilişim hizmetlerinden faydalanırken güvenlik (veri, hesap, yetki vb) özellikle üzerinde dikkatlice düşünülmesi ve yapılandırılması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.4. Büyük Veri ve Analitiği

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla eskiye nazaran daha fazla veri üretilmektedir. Veri kaynaklarının artmasının yanı sıra veri türleri de çeşitlenmektedir. Örneğin eskiden bir hastane sadece hasta bilgilerini metin formatında veri tabanına kaydederken günümüzde saklama ihtiyacı duyduğu veri türleri de çeşitlenmiştir. Kategorik olarak sınıflandırıldığında sağlık alanında veri kaynakları klinik veri, sensor ve cihaz verisi, omic verisi (organik ve moleküler sağlık alanlarına ait veri), elektronik sağlık verisi, kamu sağlığı verisi sayılabilir (Dash, Shakyawar, Sharma ve Kaushik, 2019). Örneğin otomasyon ve diğer akıllı sistemlerin verisi, tedavideki ilerlemeyi ölçmek için ses kaydı veya hastanın günlük fotoğrafları; röntgen, tomografi gibi görüntü verisi, iştme testlerinin kayıtları; hareket, ısı, görüntü ve ses sensörlerinin ürettiği veri, kamera kayıtları, hastaların gen ve DNA dizilimleri; akıllı saat, bileklik, mont, şapka gibi giyilebilir teknolojilerin anlık ürettiği veri, yoğun bakım

ünitesindeki ve diğer birimlerdeki hastaya bağlı cihazların ürettiği veri sayılabilir. Veri kaynaklarındaki bu çeşitlilik verinin tek bir yerde saklanması zorlaştırmakta ve verinin analizi için yeni teknolojilerin kullanımını gerektirmektedir.

Büyük veri kavramı, sadece hacim (*volume*) olarak yüksek miktardaki veriyi ifade etmemektedir. Verinin büyüklüğünün yanı sıra, hızlı bir biçimde (*velocity*) artan ve çeşitli kaynaklardan gelen (*variety*) ve dolayısıyla işlenmesi için geleneksel veri tabanı sistemlerine ek yeni teknolojileri gerektiren yapılandırılmış ve yapılandırılmamış formatlardaki veri büyük veri olarak tanımlanmaktadır (Gartner, 2020; Tejedor, 2013; Özen, Kartal ve Emre, 2017).

Esasında büyük veri ve analizi kurumlar ve işletmeler için bir külfet değil anlamlı bilgi çıkarımını sağlayacak teknolojilere yatırım yapıldığında büyük bir nimettir. Sadece bir kliniğin değil, hastane ve diğer sağlık kurumları tarafından üretilen veri devletin sağlık kurumları tarafından analiz edildiğinde ülke genelinde görülen diyabet, kanser, kronik rahatsızlıklar gibi çeşitli hastalıklara ilişkin anlamlı bilgiler çıkarılabilir, mevsimlere, yaşa ve bölgelere göre hastalıkların, tedavilerin, ilaç kullanımlarının ve ameliyatların seyri analiz edilebilir, bütçeleme tahminleri, gerekli takviye ve önleyici sağlık hizmetlerinin konumlandırılması, salgın hastalıkların yayılım seyrinin öngörülmesi gibi konularda ülke çapında üretilen sağlık verisinin analizi yarar sağlayabilmektedir. İlave olarak gen ve işlevlerinin analizinde, hastalıkların daha hassas teşhisinde, farmasötik ve yeni ilaç geliştirmede, klinikte etkin ve ekonomik tedavilerin belirlenmesinde, verinin lisanslanarak ilaç ve araştırma şirketlerine pazarlanmasında, gerçek zamanlı salgın takibinde, aşı geliştirme çalışmalarında sağlık alanındaki büyük verinin analizinden faydalanılmaktadır (Sa, Rai, Meshram ve Gunasekaran, 2018; Raghupathi ve Raghupathi, 2014).

2.5. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik

Bir şeyi fiziksel olarak tecrübe etmenin zaman, konum veya hayal gücü açısından çok tehlikeli, maliyetli, zor ya da uzak olması durumunda ilgili deneyim simüle edilmektedir (Satava, 1993). En basit anlamıyla sanal gerçeklik (*virtual reality*), bir kişiye gerçeklik hissi ya da “orada” hissi veren yapay veya sanal bir ortam olarak tanımlanabilir (Jayaram, Connacher ve Lyons, 1997). Sanal gerçeklik, bir kişinin farklı duyu organlarını uyatarak, fiziki ortamdan sanal ortama geçişine imkan sağlayan bir teknolojidir (Emre, Selçuk, Budak, Büttün ve Şimşek, 2019). Sanal gerçeklik, bir kişinin gerçekte bu hayali yerdeymiş gibi hareket edebileceği ve etkileşime girebileceği, tamamen üç boyutlu bilgisayar tarafından üretilen bir dünyadır (Satava, 1993). Kullanıcılar; görüntülerle etkileşime girer, sanal nesneleri hareket ettirir, manipüle eder ve bunları simüle edilmiş bir ortamda “daldırma” girişiminde bulunan

ve böylece sanal dünyada bir “varlık” hissi uyandıracak diğer eylemleri gerçekleştirir (Weiss, Kizony, Feintuch ve Katz, 2006). Sherman ve Craig (2018) sanal gerçekliğe ait beş kilit unsuru şu şekilde sıralamıştır:

- **Kullanıcılar:** Sanal gerçeklik, sanal gerçekliği deneyimleyen kullanıcıların kendine özgü kapasite, yorum/arkaplan/geçmişe sahip zihinlerinde meydana geldiğinden, her bir sanal gerçeklik deneyimi kendine özgü kabul edilmektedir.
- **Geliştiriciler:** Kullanıcıların deneyimlemeleri için uygulama ve sistemi tasarlayan ve hazır hale getiren sanal gerçekliğin yaratıcıları/geliştiricileridir.
- **Sanal Dünya:** Sanal dünya, verilen ortamın içeriğidir. Bilgisayar tabanlı sanal dünya ise bir simülasyon içindeki nesnelerin tasviridir.
- **Daldırma:** Bir ortamda bulunma hissidir. Daldırma kavramı, zihinsel ve fiziksel olmak üzere iki farklı açıdan incelenebilmektedir.
- **Etkileşim:** Sanal gerçekliğin gerçekçi görülebilmesi için kullanıcı hareketlerine yanıt vermesidir.

Sanal ortam (*virtual environment*) ve sanal gerçeklik eş anlamlı olarak birbirinin yerine kullanılabilir (Azuma, 1997; Lányi, 2006). Artırılmış gerçeklik (*augmented reality*) ise sanal gerçekliğin farklı bir biçimidir (Azuma, 1997): Kullanıcı sanal gerçeklik teknolojileriyle yapay ortama tamamen daldırıldığında çevresindeki gerçek dünyayı göremez; ancak artırılmış gerçeklikte gerçek dünya ile üzerine bindirilen ya da birleştirilen sanal nesnelerle kullanıcının gerçek dünyayı görmesine izin verilmektedir.

Sanal gerçeklik; tıp eğitim ve öğretiminde, sağlık personeli için ameliyat ve teşhisle ilgili yardım dahil olmak üzere çok çeşitli tıbbi alanlara uygulanmakta; hastalar içinse rehabilitasyon ve yine eğitim için kullanılmaktadır (Lányi, 2006).

2.6. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti olarak isimlendirilen (*Internet of Things - IoT*) cihazları yapısında barındırdığı sensörler sayesinde bulundukları ortamdan ısı, hareket, görüntü, koku, duman, sıvı, renk ve diğer nitelikler hakkında veri toplayan ve bu veriyi İnternet erişimi sayesinde birbirlerine veya sunucuya ileten kendi içinde ve sunucuyla iletişim ve etkileşim içinde olan cihazlardır (Bodur, 2020). Nesnelerin İnterneti kavramı; ağ bağlantısı ve bilgi işlem kapasitesinin çok az insan müdahalesi ile veri alışverişi yapan nesnelere, sensörlere ve günlük öğelere genişlediği durumları içermekte, temelinde ise yaygın akıllı ağ oluşturma, veri toplama, tah-

mine dayalı analizler, derin optimizasyon, makineden makineye yöntemler ve diğer çözümler aracılığıyla fiziksel dünyayı inşa etmek, işletmek ve yönetmek yer almaktadır (Metcalf, Milliard, Gomez ve Schwartz, 2016). Böylece nesnelerin İnterneti teknolojisi geleneksel nesneleri akıllı muadillerine dönüştürür (Aktaş, Çeken ve Erdemli, 2016).

Nesnelerin İnterneti ve Siber-Fiziksel Sistemler (*Cyber-Physical Systems*) gibi bilgi ve iletişim teknolojilerindeki güncel gelişmeler, hem günlük yaşamda (ev/ofis) hem de hastanelerde daha akıllı ve tahmin yeteneklerine sahip sağlık çözümlerinin geliştirilmesini sağlamaktadır (Rahmani ve diğerleri, 2018). Nesnelerin İnterneti sağlık alanında; uzaktan sağlık takibi, fitness programları, kronik hastalıklar ve yaşlı bakımı gibi birçok tıbbi uygulamanın yükselişini sağlama potansiyeline sahip olup, evde sağlık hizmeti sağlayıcıları tarafından tedavi ve ilaç tedavisine uyum nesnelerin İnternetinin sağlık alanındaki bir başka önemli potansiyel uygulamasıdır (Islam, Kwak, Kabir, Hossain ve Kwak, 2015). Nesnelerin İnterneti teknolojisiyle uzaktan sağlık takibi; kritik olmayan hastaları hastane yerine evde izlemek için kullanılabilir, böylece doktor, hastane yatağı gibi kaynakların üzerindeki yük azaltılmış olur (Baker, Xiang ve Atkinson, 2017). Nesnelerin İnterneti tabanlı sağlık hizmetlerinin maliyetleri düşürmesi, yaşam kalitesini artırması ve kullanıcı deneyimini zenginleştirilmesi beklenmektedir (Islam ve diğerleri, 2015). Ayrıca artan yaşlı ve engelli sayısı nedeniyle önlenebilir ölümlerden kaçınmak için hastaların sağlık hizmeti verisini analiz eden gerçek zamanlı bir sağlık izleme altyapısına acil ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir (Hossain ve Muhammad, 2016). Bu da nesnelerin İnterneti teknolojisinin sağlık alanında önümüzdeki yıllarda daha yoğun kullanılacağına işaret etmektedir.

2.7. Üç Boyutlu Yazdırma

Üç boyutlu yazdırma (*three dimensional printing / 3D printing*), bir bilgisayar programına göre her biri doğrudan bir öncekinin üstüne basılan farklı şekillerde ardışık malzeme katmanlarının döşenmesiyle ürün üretme tekniğidir. Bu teknik kesme veya delme gibi yöntemler kullanılarak malzemenin üretildiği geleneksel üretim tekniklerinden farklıdır (Dodziuk, 2016). Üç boyutlu yazıcılar, eklemeli imalat (*additive manufacturing*) teknolojileri arasında yer almaktadır. Eklemeli imalat “*üç boyutlu (3B) geometrik verileri kullanarak malzemenin birbiri ardına katman katman eklenmesiyle, karmaşık geometrili fiziksel parçaların hızlı bir şekilde imalatını gerçekleştiren bir imalat tekniği*” olarak tanımlanmaktadır (Özsoy ve Duman, 2017). Üç boyutlu yazdırma sürecinde; öncelikle bilgisayar ortamında ürünün dijital modeli CAD yazılımları (*Computer Aided Design*) ya da üç boyutlu tarayıcı yardımıyla oluşturulmakta, sonrasında ise üç boyutlu mürekkep olarak adlandırılan ince tel (filament) hammedesi, metal, polimer, kompozit veya reçine kullanılarak dijital model fiziksel nesne haline getirilebilmektedir (Kuzu Demir ve diğerleri, 2016).

Ameliyat öncesi görselleştirme modelleri ve kalıpların işlenmesinde ilk kullanımından bu yana, üç boyutlu yazdırma kendine özgü cihazlar, implant, doku mühendisliği için iskele, teşhis platformları ve ilaç dağıtım sistemleri oluşturmak için kullanılmakta olup hastaya özgü anatomik veri kullanılarak bilgisayar tasarımına göre karmaşık biyomedikal cihazlar üretmeyi vaat etmektedir (Chia ve Wu, 2015). Arslan, Yaylacı, Eyüpoğlu ve Kürtüncü (2018) üç boyutlu yazdırma teknolojisinin yaygın kullanım alanları arasında; cerrahi uygulama, eczacılık, simülasyon üretimi, medikal enstrüman, ortez-protez üretimi, organ ve doku üretimi, sağlık eğitimi yer aldığını belirtmiştir.

2.8. Giyilebilir Teknolojiler

Çip, sensör, kablosuz verici gibi aygıtların giderek küçülmesiyle bu cihazların günlük giydiğimiz kıyafet ve taktığımız aksesuarlara monte edildiği ürünler üretilmeye başlanmıştır. “Giyilebilir teknoloji”, “giyilebilir cihaz” adı verilen bu ürünler hesaplama ve iletişim imkanı sunan elektronik ve bilgisayar teknolojileridir (Sağbaş, Ballı ve Yıldız, 2016). Giyilebilir teknolojik ürünler barındırdığı sensörler ile vücutta ve ortamdaki veriyi algılayan, gömülü yazılım ve işlemci ile bu veriyi işleyen, saklayan, kablosuz vericiler ile cep telefonuna veya bir sunucuya veriyi ileten ve ürettiği veriyi kullanabilmektedirler (Oksuz, 2018).

Akıllı bileklik, gözlük, ayakkabı, akıllı saat, lens, e-tekstil ürünleri, yüzük, eldiven, tasma, kafa bandı, kask, küpe, bilezik, spor kıyafetleri, işitme cihazları, rozet, çorap, terlik, akıllı kumaş gibi ürünler giyilebilir cihazlara örnek verilebilir (Bostancı, 2015; Demirci, 2018; Kılıç, 2017; Sağbaş ve diğerleri, 2016). Giyilebilir teknolojiler ile ortamın sıcaklığı, vücudun ısısı, tansiyon, şeker, kalp atımı, nefes sayısı, adım sayısı, yakılan kalori hesabı, konum, kan basıncı, kandaki oksijen oranı, insulin gibi değerleri ölçülebilmektedir (Bostancı, 2015; Demirci, 2018; Kılıç, 2017; Sağbaş ve diğerleri, 2016).

Giyilebilir teknolojiler eğlence ve güvenlik amaçları dışında özellikle medikal amaçla sağlık durumunu izleme, tanı koyma ve tedavi amaçlarıyla klinik ve davranışsal veriyi toplamaktadır (Bostancı, 2015). Sağlık alanında birkaç kullanımına örnek olarak ilaçların zamanlarını hatırlatma, diyabet hastalarına insülin enjekte etme, parkinson hastalığında biyokimyasal algılayıcılarla motor hareketlerin takibi ve güçlendirilmesinde, Alzheimer hastalarının kullanımı için hatırlatıcı gözlükler, salgın hastalıkların önceden tespitinde, fizyolojik verinin uzun süre izlenmesiyle kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, diyabet ve obezite gibi hastalıkların teşhis ve tedavisinde, akıllı lensler ile kan şekeri ölçümünde, kandaki oksijeni takip eden giyilebilir cihazlar ile kalp, dolaşım ve astım hastalarının takibinde ve bu hastalıkların erken teşhisinde, doktorların giyilebilir cihazlardan gelen veriyi anlık olarak görebilmeleri ile

hasta takibinde, egzersiz ve kilo kontrol uygulamalarında kullanılmaktadır (Bostanci, 2015; Demirci, 2018; Kılıç, 2017; Sağbaş ve diğerleri, 2016).

3. Sonsöz

Bu bölümde ele alınan yapay zekâ, blok zincir, bulut bilişim, büyük veri, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik, nesnelerin İnterneti, 3 boyutlu yazdırma ve giyilebilir teknolojiler güncel bilişim teknolojilerinden bazılarıdır ve bu teknolojilerin kavramsal açıklamasının ve sağlık alanındaki kullanımının, sağlık alanından araştırmacıların güncel bilişim teknolojilerini takip etmesi ve mevcut çalışmalarına ufuk açması açısından önemli olduğu düşünülmüş ve seçilmiştir. İleriki çalışmalar için farklı güncel bilişim teknolojilerine ve sağlıktaki kullanım alanlarına yer verilebilir.

Kaynakça / References

- Advanced Micro-Electronics, Inc. (2017). Cloud Computing Advantages And Disadvantages. The AME Group. 22 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.theamegroup.com/cloud-computing-advantages-disadvantages/> adresinden erişildi.
- Aktaş, F., Çeken, C. ve Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları, 4(1), 37-54.
- Amazon Web Services, Inc. (2020). Amazon Web Services (AWS) – Bulut Bilişim Hizmetleri. Amazon Web Services, Inc. 22 Temmuz 2020 tarihinde <https://aws.amazon.com/tr/> adresinden erişildi.
- AppScale Systems. (2020). Eucalyptus. 22 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.eucalyptus.cloud/> adresinden erişildi.
- Arslan, N., Yaylacı, B., Eyüpoğlu, N. D. ve Kürtüncü, M. (2018). Sağlıkta Gelişen Teknoloji: Üç Boyutlu Yazıcılar. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 2(2), 99-110.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), 355-385. doi:10.1162/pres.1997.6.4.355
- Baker, S. B., Xiang, W. ve Atkinson, I. (2017). Internet of Things for Smart Healthcare: Technologies, Challenges, and Opportunities. IEEE Access, 5, 26521-26544. IEEE Access, sunulmuş bildiri. doi:10.1109/ACCESS.2017.2775180
- Bell, L., Buchanan, W. J., Cameron, J. ve Lo, O. (2018). Applications of Blockchain Within Healthcare. Blockchain in Healthcare Today, 1, 1-7.
- Bodur, G. (2020). Internet of Things (IoT) in Healthcare: Are We Ready for the Future? Archives of Health Science and Research, 7(1), 75-81. doi:10.5152/ArcHealthSciRes.2020.550716
- Bostanci, E. (2015). Medical wearable technologies: Applications, problems and solutions. 2015 Medical Technologies National Conference (TIPTEKNO) içinde (ss. 1-4). 2015 Medical Technologies National Conference (TIPTEKNO), sunulmuş bildiri, Bodrum, Muğla, Turkey: IEEE. doi:10.1109/TIPTEKNO.2015.7374111
- Chen, G., Xu, B., Lu, M. ve Chen, N.-S. (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. Smart Learning Environments, 5(1), 1. doi:10.1186/s40561-017-0050-x
- Chia, H. N. ve Wu, B. M. (2015). Recent advances in 3D printing of biomaterials. Journal of Biological Engineering, 9(1), 4. doi:10.1186/s13036-015-0001-4
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S. ve Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. Applied Innovation, 2(6-10), 71.

- Dash, S., Shakyawar, S. K., Sharma, M. ve Kaushik, S. (2019). Big data in healthcare: Management, analysis and future prospects. *Journal of Big Data*, 6(1), 54. doi:10.1186/s40537-019-0217-0
- Davenport, T. ve Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthcare Journal*, 6(2), 94-98. doi:10.7861/futurehosp.6-2-94
- De Cormis, R. (2019). Exciting use cases of Artificial Intelligence in four industry sectors -. Thales blog. 28 Temmuz 2020 tarihinde <https://dis-blog.thalesgroup.com/security/2019/09/06/exciting-use-cases-of-artificial-intelligence-in-four-industry-sectors/> adresinden erişildi.
- Demirci, Ş. (2018). Giyilebilir Teknolojilerin Sağlık Hizmetlerine ve Sağlık Hizmet Kullanıcılarına Etkileri. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(6), 985-992.
- Dodziuk, H. (2016). Applications of 3D printing in healthcare. *Kardiokirurgia i Torakochirurgia Polska = Polish Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 13(3), 283-293. doi:10.5114/kitp.2016.62625
- Emre, İ. E., Selçuk, M., Budak, V. Ö., Bütün, M. ve Şimşek, İ. (2019). Eğitim Amaçlı Sanal Gerçeklik Uygulamalarında Kullanılan Cihazların Daldırma Açısından İncelenmesi. *International Journal of Informatics-Technologies*, 12(2).
- Gartner. (2020). Big Data. Gartner. 29 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/big-data> adresinden erişildi.
- Golosova, J. ve Romanovs, A. (2018). The Advantages and Disadvantages of the Blockchain Technology. 2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE) içinde (ss. 1-6). 2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE), sunulmuş bildiri. doi:10.1109/AIEEE.2018.8592253
- Goundar, S. (2012). Cloud Computing: Understanding the Technology before Getting “Clouded”. F. L. Gaol (Ed.), *Recent Progress in Data Engineering and Internet Technology içinde*, Lecture Notes in Electrical Engineering (ss. 217-222). Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-642-28798-5_30
- Goyal, S. (2013). Software as a Service, Platform as a Service, Infrastructure as a Service – A Review. *International Journal of Computer Science & Network Solutions*, 1(3), 53-67.
- Hasselgren, A., Kralevska, K., Gligoroski, D., Pedersen, S. A. ve Faxvaag, A. (2020). Blockchain in healthcare and health sciences—A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*, 134, 104040. doi:10.1016/j.ijmedinf.2019.104040
- Hill, B., Chopra, S. ve Valencourt, P. (2018). *Blockchain Quick Reference: A guide to exploring decentralized blockchain application development*. Packt Publishing Ltd.
- Hossain, M. S. ve Muhammad, G. (2016). Cloud-assisted Industrial Internet of Things (IIoT) – Enabled framework for health monitoring. *Computer Networks, Industrial Technologies and Applications for the Internet of Things*, 101, 192-202. doi:10.1016/j.comnet.2016.01.009
- Islam, S. M. R., Kwak, D., Kabir, MD. H., Hossain, M. ve Kwak, K.-S. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*, 3, 678-708. IEEE Access, sunulmuş bildiri. doi:10.1109/ACCESS.2015.2437951
- Jayaram, S., Connacher, H. I. ve Lyons, K. W. (1997). Virtual assembly using virtual reality techniques. *Computer-Aided Design, Virtual Reality*, 29(8), 575-584. doi:10.1016/S0010-4485(96)00094-2
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4). doi:10.1136/svn-2017-000101
- Kardaş, S. (2019). Blokzincir Teknolojisi: Uzlaşma Protokolleri. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(2), 481-496. doi:10.24012/dumf.426805
- Kılıç, H. Ö. (2017). Giyilebilir Teknoloji Ürünleri Pazarı ve Kullanım Alanları. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(4), 99-112.
- Klein, C. A. (2011). Cloudy confidentiality: Clinical and legal implications of cloud computing in health care. *Journal of the American Academy of Psychiatry and the Law Online*, 39(4), 571-578.

- Kulkarni, G., Gambhir, J. ve Palwe, R. (2012). Cloud Computing-Software as Service. *International Journal of Computer Science & Information Technology Research Excellence*, 2(1).
- Kuzu Demir, E. B., Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H. ve Kuzu, A. (2016). Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojilerinin Eğitim Alanında Kullanımı: Türkiye’deki Uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 17(2), 481-503.
- Lányi, C. S. (2006). Virtual Reality in Healthcare. N. Ichalkaranje, A. Ichalkaranje ve L. C. Jain (Ed.), *Intelligent Paradigms for Assistive and Preventive Healthcare içinde*, *Studies in Computational Intelligence* (ss. 87-116). Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/11418337_3
- McCarthy, J. (2007). WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE? 23 Temmuz 2020 tarihinde <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html> adresinden erişildi.
- McGhin, T., Choo, K.-K. R., Liu, C. Z. ve He, D. (2019). Blockchain in healthcare applications: Research challenges and opportunities. *Journal of Network and Computer Applications*, 135, 62-75. doi:10.1016/j.jnca.2019.02.027
- Meraji, S. (2017). How to prepare for FACE 2017? Malaysia’s Greatest AI Hackathon. Medium. 23 Temmuz 2020 tarihinde <https://medium.com/@sinameraji/how-to-prepare-for-face-2017-malaysias-greatest-ai-hackathon-5a43239beb9e> adresinden erişildi.
- Metcalf, D., Milliard, S. T. J., Gomez, M. ve Schwartz, M. (2016). Wearables and the Internet of Things for Health: Wearable, Interconnected Devices Promise More Efficient and Comprehensive Health Care. *IEEE Pulse*, 7(5), 35-39. *IEEE Pulse*, sunulmuş bildiri. doi:10.1109/MPUL.2016.2592260
- Microsoft. (2020a). What Is Cloud Computing? A Beginner’s Guide | Microsoft Azure. 22 Temmuz 2020 tarihinde <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-cloud-computing/> adresinden erişildi.
- Microsoft. (2020b). Cloud Computing Services | Microsoft Azure. 22 Temmuz 2020 tarihinde <https://azure.microsoft.com/en-us/> adresinden erişildi.
- Mohit, P., Amin, R., Karati, A., Biswas, G. P. ve Khan, M. K. (2017). A standard mutual authentication protocol for cloud computing based health care system. *Journal of medical systems*, 41(4), 50.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- NovelVista. (2020). Top 8 Trending IT Technologies To Learn In 2020. NovelVista. 28 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.novelvista.com/blogs/other/trending-it-technologies-to-learn-in-2020> adresinden erişildi.
- Oksuz, E. (2018). Giyilebilir Sağlık Teknolojileri—Wearable Health Technologies, 26, 35-41.
- OpenNebula Systems. (2020). OpenNebula – The open source Cloud Management Platform developed for the Enterprise. 22 Temmuz 2020 tarihinde <https://opennebula.io/> adresinden erişildi.
- Özen, Z., Kartal, E. ve Emre, İ. E. (2017). Eğitimde Büyük Veri. H. F. Odabaşı, B. Akkoyunlu ve A. İşman (Ed.), *Eğitim Teknolojileri Okumaları 2017 içinde* (1. Baskı., ss. 183-204). Sakarya: Pegem Akademi Yayıncılık. http://www.tojet.net/e-book/eto_2017.pdf adresinden erişildi.
- Özsoy, K. ve Duman, B. (2017). Eklmeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1), 36-48.
- Raghupathi, W. ve Raghupathi, V. (2014). Big data analytics in healthcare: Promise and potential. *Health Information Science and Systems*, 2(1), 3. doi:10.1186/2047-2501-2-3
- Rahmani, A. M., Gia, T. N., Negash, B., Anzanpour, A., Azimi, I., Jiang, M. ve Liljeberg, P. (2018). Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach. *Future Generation Computer Systems*, 78, 641-658. doi:10.1016/j.future.2017.02.014
- Sa, S., Rai, B. K., Meshram, A. A. ve Gunasekaran, A. (2018). Big Data in Healthcare Management: A Review of Literature. *American Journal of Theoretical and Applied Business*, 4(2), 57. doi:10.11648/j.ajtab.20180402.14

- Sağbaşı, E. A., Ballı, S. ve Yıldız, T. (2016). Giyilebilir Akıllı Cihazlar: Dünyü, Bugünü ve Geleceği (s. 8). XVIII. Akademik Bilişim Konferansı AB2016, 30 Ocak - 5 Şubat 2016, sunulmuş bildirisi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Satava, R. M. (1993). Virtual reality surgical simulator. *Surgical Endoscopy*, 7(3), 203-205. doi:10.1007/BF00594110
- Selcukcan Erol, Ç., Kartal Karatas, E., Ozen, Z. ve Gulsecen, S. (2012). Cloud computing and some scenarios for its application in universities. *European Researcher*, 30(3), 1515-1526.
- Shah, H. (2019). 5 industries that are using Artificial Intelligence the most. Datafloq. 28 Temmuz 2020 tarihinde <https://datafloq.com/read/5-industries-using-artificial-intelligence/7242> adresinden erişildi.
- Sherman, W. R. ve Craig, A. B. (2018). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. Morgan Kaufmann.
- StatCounter Global Stats. (2020). Desktop vs Mobile vs Tablet Market Share Worldwide. StatCounter Global Stats. 6 Temmuz 2020 tarihinde <https://gs.statcounter.com/platform-market-share/desktop-mobile-tablet> adresinden erişildi.
- Statista. (2020a). Digital users worldwide 2020. Statista. 28 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/> adresinden erişildi.
- Statista. (2020b). Daily time spent online by device 2021. Statista. 6 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.statista.com/statistics/319732/daily-time-spent-online-device/> adresinden erişildi.
- Tejedor, R. C. (2013). The three generations of Big Data processing. Technology. <https://www.slideshare.net/Datadopter/the-three-generations-of-big-data-processing> adresinden erişildi.
- Tübitak Bilgem. (2017). BLOKZİNCİR. 23 Temmuz 2020 tarihinde <https://blokzincir.bilgem.tubitak.gov.tr/blok-zincir.html> adresinden erişildi.
- Underwood, S. (2016). Blockchain beyond Bitcoin. *Commun. ACM*, 59(11), 15–17. doi:10.1145/2994581
- University of Chicago. (2020). Nimbus. 22 Temmuz 2020 tarihinde <http://www.nimbusproject.org/> adresinden erişildi.
- Weiss, P. L., Kizony, R., Feintuch, U. ve Katz, N. (2006). Virtual reality in neurorehabilitation. *Textbook of neural repair and rehabilitation*, 51(8), 182-97.
- Williams, P. (2020). Top IT Technologies that are Trending Right Now! Haas & Fischer. <http://haasfischer.com/trending-it-technologies/> adresinden erişildi.
- Yu, K.-H., Beam, A. L. ve Kohane, I. S. (2018). Artificial intelligence in healthcare. *Nature Biomedical Engineering*, 2(10), 719-731. doi:10.1038/s41551-018-0305-z