

Halk Sağlığında Yapay Zekâ Uygulamaları

Artificial Intelligence Applications in Public Health

Batu KAYANSELÇUK¹, Aras Fadıl MARDİN¹, Ömer Faruk ORHAN¹, Sıla TEMEL¹,
Veysi GÜLSEVER¹, Araş. Gör. Merve PEKTAŞ², Prof. Dr. Mustafa TÖZÜN²

- 1- İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi 1. Sınıf Öğrencisi
- 2- İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD

ÖZET:

Yapay zekâ (YZ), akıllı davranışı modellemek için minimum insan müdahalesi ile bir bilgisayarın kullanımı anlamına gelen genel bir terimdir. Yapay zekânın gelişmesi ile birlikte birçok alanda olduğu gibi tıbbi uygulamalar da değişmektedir. Yapay zekâ tıbbi görüntü teşhis sistemlerinin yanı sıra klinik uygulamalar, tıbbi araştırma ve temel biyomedikal araştırma gibi tıbbin diğer alanlarına doğru genişlemeye devam etmektedir. Halk Sağlığında yine yapay zekâ uygulamalarının birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Sürveyans sistemleri, epidemiyolojik analizler, sağlık risklerinin saptanması, hastalıkların erken tanısı, salgın yönetimi ve aşı çalışmalarını gibi konular kullanım alanlarına örnek verilebilir. Epidemiyoloji geleneksel olarak halk sağlığı kuruluşları, sağlık kurumları, hastaneler, sağlık personeli, doktor muayenahaneleri ve diğer kaynaklardan toplanan verilere dayanmaktadır. Önceden, tıbbi kayıtlar çoğunlukla kâğıt tabanlıyken, dünyanın herhangi bir yerinde bir enfeksiyonun ortaya çıktığını öğrenmek haftalar alabilirdi. Dijital verilerin doğrudan insanlardan toplanmasıyla, teknoloji ve elektronik cihazların kullanımı sonucunda son yıllarda yeni veri kaynakları ortaya çıkmıştır. **Anahtar Kelimeler:** Yapay zekâ, tıp, halk sağlığı

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) is a general term that refers to the use of a computer with minimal human intervention to model intelligent behavior. With the development of artificial intelligence, medical applications are also changing, in many areas. AI continues to expand into other areas of medicine, such as clinical applications, medical research, and basic biomedical research, as well as medical imaging diagnostic systems. There are many uses for artificial intelligence applications in Public Health. Subjects such as surveillance systems, epidemiological analysis, detection of health risks, and early diagnosis of diseases, epidemic management and vaccine studies can be given as examples of usage areas. Epidemiology has traditionally been based on data collected from public health organizations, health institutions, hospitals, medical staff, doctor's offices, and other sources. Previously, medical records were mostly paper-based, and it could take weeks to learn that an infection had arisen anywhere in the world. As a result of the collection of digital data directly from people and the use of technology and electronic devices, new data sources have emerged in recent years.

Keywords: Artificial intelligence, medicine, public health

1. Yapay zekâ:

Yapay zekâ (YZ), akıllı davranışı modellemek için minimum insan müdahalesi ile bir bilgisayarın kullanımı anlamına gelen bir terimdir. Yapay zekânın tarihsel olarak ilk ön plana çıkışının robotların icadıyla başladığı kabul edilir. Bu terim, biyosentetik makineler anlamına gelen Çekçe robot kelimesinden türemiştir (Hamet P, 2017). Yapay zekâ ortaya yeni çıkmış bir nosyon değildir. MGI (McKinsey Global Institute) tarafından hazırlanan “Artificial Intelligence The Next Digital Frontier?” isimli çalışmaya göre, yapay zekâ düşüncesi Alan Turing’in bir makinenin, bir insana kendisini de bir insan olduğuna inandırabilecek kadar iyi iletişim kurabileceğini ilk ortaya attığı 1950’li yıllara kadar dayanmaktadır (Bughin J, 2017).

Yapay zekâ nedir? Sorulan kişiye göre değişkenlik gösterir. Uzun zaman boyunca teknolojik olaylar hakkında bilgisi olmayan bir meslekten olan biri bunu robotlara bağlar. Yapay zekânın kendi kendine hareket edip belirli olaylar hakkında fikre sahip olan bir yazılım olduğunu söylerlerdi. Bir yapay zekâ araştırmacısı, bunu açıkça talimat vermek zorunda kalmadan direk sonuca varmak için uğraşan bir algoritmalar kümesi olduğunu söylerdi. Ve hepsinden haklı olmuş olurdu. Özet olarak, Yapay zekâ; İnsanlar tarafından yaratılan akıllı bir varlık, açıkça talimat almadan sorumlu olduğu işleri akıllıca yerine getirebilen, rasyonel ve insancıl düşünüp bu kararlar altında hareket edebildir (Dalal R, 2020).

Yapay zekânın çok alanlı kullanımı insanlık için kolaylık çağı başlangıcının öncülüğünü sağlar. Birçok olayda ya da durumda yapay zekâyâ sahip teknolojik aletlerin yardımı bizi kolaylıkla ulaşmak istediğimiz sonuca götürür. Bu yüzden yapay zekâyâ kolaylık anlamı yüklemek mantıklı bir çıkarım olur. Sağlık, ulaşım, beslenme ve çoğu ihtiyaçlarımızı gidermeye giden yolu bize kolaylaştıran yapay zekânın ne olduğu ihtiyaç sahibine göre değişkenlik gösterir.

Yapay zekâ, kökleri sıklıkla biyolojik bilgi işlemesi olan karmaşık bilgi işleme problemlerinin incelenmesidir. Konunun amacı, ilginç ve çözülebilir bilgi işleme problemlerini tanımlamak ve çözmektir. Bir bilgi işlem probleminde çözüm doğal olarak iki bölüme ayrılır. Birincisinde, belirli bir hesaplamanın altında yatan doğası ve fiziksel temeli açıklanmaktadır. Bu bölüm bir hesaplamanın "teorisi" olarak adlandırılır, çünkü neyin hesaplandığının ve neden hesaplandığının soyut bir formülasyonudur. İkinci bölüm, bir hesaplamayı uygulamak için belirli algoritmalar içerir ve böylece nasıl yapılacağını belirtir (Marr, 1977).

Akıllı makinelerin, özellikle de akıllı bilgisayar programlarının yaratılmasının arkasındaki bilim ve mühendisliktir. İnsan zekâsını anlamak için bilgisayarlar gibi teknolojik aletlerin kullanımı

insan zekâsını anlamlaştırmada yetersiz kalır ancak yapay zekâ kendisini biyolojik olarak gözlemle-
nebilir yöntemlerle sınırlamak zorunda olmadığından insan zekâsını daha rahat kavrar (McCarthy,
2004).

Yapay zekâ, çok fazla alanda kullanılan bir teknolojidir. Bu sebeple literatürde, belirli bir
alanla ilişkili yapay zekâdan söz edilmesi zordur. Bundan dolayı, literatürde farklı yazarların yaptığı
tanımlar söz konusudur. Buna göre, Nabiyev (2016), yapay zekâyı “bir bilgisayarın ya da bilgisayar
denetimli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çı-
kartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri
yerine getirme yeteneği” olarak yorumlar. Copeland ise (1993), yapay zekâyı karışık olayları çözen,
yorumlayan ve öğrenme ile eskimiş bilgileri yenileri ile uyumlu bir şekilde kullanmak için kendini
geliştiren akıllı programlar olarak anlatır ve sunar. Civalek (2003), yapay zekâ olgusunun bilgisayar
bilimleri, tıp, psikoloji, finans, muhasebe, askeri ve istihbarat gibi birçok alanda görülen disiplinler
arası bir vakıa olduğunu belirtmiş ve yapay zekâyı insan zekâsına özgü kabiliyetlere (düşünme, ko-
nuşma, hatırlama, değerlendirme, karşılaştırma vb.) hâkim olan bilgisayar bilimi olarak tanımlamıştır
(Gacar, 2019).

Yapay zekâ insanlığın geliştirdiği en önemli teknolojik icattır. Bu noktada yaratıcısını babası
olarak gören bilgiye aç bir çocuk gibi, kendi deneyimleriyle öğrenme, gelişme ve değişme yeteneği
ile bezenilen bilgisayar programları, her gün yaratıcılarının düşünemeyeceği gelişmeler kaydetmek-
tedirler. Örneğin, 2017 yılında Google tarafından öne sürülen bir çeviri yapay zekâsı olan “Google
Neural Machine Translation” farklı dillerdeki yazıları kendi diline tercüme etmek için kendi ara di-
lini (interlingua’yı) geliştirmiştir. Aynı sene Facebook tarafından ortaya koyulan iki yapay zekâ ken-
dilerine verilen ticarete pazarlık yapma görevini yerine getirirken sadece kendi aralarında anlaşabi-
lecekleri özgün bir dil geliştirmişlerdir (Hocaoğlu, 2020).

Yapay zekâ hakkında yazılanlara bakıldığında yapay zekânın çoğunlukla olumlu olarak ele
alınması yapay zekânın çoğu gelişmeye yol gösterici bir sütun olmaya yavaş yavaş başladığı görül-
müştür. Bu sütunun kullanıldığı olaylar ve bu olayların sağladığı imkânların biz insanlara karşı ya-
rarları çok fazla olmakla birlikte kolaylaştırıcılığı da çok fazladır. Kısaca; yapay zekâyla donatılan
teknolojik araçlar insanlığa kocaman bir yardım eli uzatmış ve biz insanları doğru bilgiye bir adım
daha yaklaştırmıştır.

2. Yapay zekânın sağlık alanında kullanıldığı alanlar:

Yapay zekânın gelişmesi ile birlikte birçok alanda olduğu gibi tıbbi uygulamalar da değişmektedir. Sayısallaştırılmış veri toplama, makine öğrenimi ve bilgi işlem altyapısındaki son gelişmeler ile birlikte YZ uygulamaları daha önce sadece insan uzmanlarının alanı olduğu düşünölen kısımlara doğru evrilmektedir. Bu evrilme tıbbi görüntü teşhis sistemlerinin yanı sıra klinik uygulamalar, traslasyonel tıbbi araştırma ve temel biyomedikal araştırma gibi tıbbın diğer alanlarına doğru genişlemeye devam etmektedir. Büyük ölçekli açıklamalı klinik veri toplamanın yakın zamanda birleşmesi, makine öğrenimi yöntemlerinde ilerleme, uygun fiyatlı ve hızlı büyüyen bilgi işlem gücü ve bulut depolama yapay zekâdaki bu hızlı yükselişini ateşledi. Bu durum önümüzde ki süreçte tıbbi uygulamalarda büyük değişimler vaat etmektedir (Yu, Beam, Kohane, 2018).

Görüntü Tabanlı Tanı:

Sağlık hizmetlerinde yapay zekâ, ilaç keşfi, uzaktan hasta izleme, tıbbi teşhis ve görüntüleme, risk yönetimi, giyilebilir cihazlar, sanal asistanlar ve hastane yönetimi dâhil olmak üzere birçok uygulamanın önemli bir bileşeni haline geliyor (Hosny et al., 2018). DNA analizi ve RNA dizileme verileri gibi büyük veri bileşenlerine sahip birçok alanın da yapay zekâ kullanımından faydalanması bekleniyor. Görüntüleme verilerine dayanan tıbbi alanlar, şimdiden yapay zekâ yöntemlerinin uygulanmasından yararlanmaya başladı (Hosny et al., 2018). Günümüzde ise özellikle radyoloji, kardiyo­loji ve dâhili tıp alanlarında geliştirilen FDA onaylı teknolojiler ve onaylı yapay zekâ tabanlı algoritmalar medikal alanda kullanılmaktadır (Sağıroğlu, Demirezen, 2021).

Şu anda ise otonom tıbbi görüntü teşhis sistemleri, tıbbi YZ uygulamalarının tartışmasız en başarılı alanıdır. Bu alanda yapay zekânın ortaya çıkmasındaki esas nokta da klinik bakımdan daha fazla etkinlik ve verimlilik arzusu olmuştur(Hosny et al., 2018). Radyoloji, oftalmoloji, dermatoloji ve patoloji dâhil olmak üzere birçok tıbbi uzmanlık görüntü tabanlı teşhislere dayanır ve bunları kullanır (Yu, Beam, Kohane, 2018).

Aşağıda, bu tıbbi alanların her biri için yapay zekâ uygulamalarındaki gelişmeler özetlenecektir.

Radyoloji:

Görüntüleme daha yaygın olmak üzere YZ uygulamalarına herkesçe ilgi yüksektir ve bu ilgi büyük veri kümelerinin artması, yeni YZ algoritmalarının geliştirilmesi ve bilgi işleme gücündeki artışlar ile birlikte daha da artmaktadır (Thrall, Li and Li et al., 2018). Bu kullanımlarda günümüzde yaygın olarak iki YZ yöntemi kullanımı vardır. İlki, matematiksel denklemler (tümör dokusu gibi) olarak tanımlanan ve bu sebep ile bilgisayar programları kullanılarak ölçülebilen el yapımı mühendislik özelliklerini kullanmaktadır. Bu özellikler hasta kişileri klinik karar vermeyi destekleyecek şekilde sınıflandırmak için son teknoloji makine öğrenimi modellerini kullanmaktadır. İkinci yöntem olan derin öğrenme, son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Bu derin öğrenme algoritmaları, uzmanların önceden tanımlamasına gerek kalmadan verilerden özellik temsillerinin otomatik olarak öğrenebilir (Hosny et al., 2018).

Radyologlar, hastalık tespit ve teşhisinde en yaygın olarak X- ışını radyografisi, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve pozitron emisyon tomografisini kullanır. Bu yöntemlerin her birinde radyologlar, hastalık tarama ve teşhis için hastalığın nedenini belirlemek ve bir hastalığın seyri sırasında hastanın gidişatını izlemek için bir görüntü koleksiyonu kullanır (Yu et al., 2018).

Pratiklerdeki temel nokta, doktorların öncelikle teşhis için bu tıbbi görüntüleri görsel olarak değerlendirmesine dayanmaktadır ve bu görüntüler hastalığa ulaşmak için gerekli bilginin büyük bir bölümünü içerdiğinden derin öğrenme teknikleri bu iş için mükemmeldir (Yu, Beam, Kohane, 2018). Görsel olarak doktor tarafından yapılan değerlendirmeler genellikle eğitim ve deneyime dayalıdır ve zaman zaman da öznel olabilmektedir. Görüntüleme iş akışına sorunsuz bir şekilde yerleştirilmiş bir yapay zekâ sistemi, radyologlara önceden tanımlanmış görüntüler ve özellikler sağlayarak verimliliği arttıracak, hataları minimuma indirecek ve az manüel girdi ile hedeflere ulaşacaktır. YZ yöntemleri, görüntülerdeki karmaşık kalıpları tanımada ve radyografik özelliklerin (yukarıda da bahsedildiği gibi) nitel muhakemesi aksine nicel değerlendirmesini sağlamada mükemmeldir (Hosny, et al., 2018).

Modern makine öğrenimi teknikleri yardımı ile, bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılarak akciğer nodüllerinin tespiti, akciğer tüberkülozu, yaygın akciğer hastalıklarının göğüs radyografisi ile teşhisi gibi birçok AI radyoloji uygulaması ve mamografi taramalarını kullanarak meme kitlesi tanımlanması uzman düzeyinde teşhis doruklarına ulaşmıştır (Yu et al., 2018). Derin öğrenme veri odaklı bir yapıda olduğu için yeterli örnek veri ile birlikte hastalıklı dokuları otomatik olarak tanımlayabilir. Ayrıca derin öğrenme okuyucular arası istenmeyen varyasyonları ortadan kaldırabilir ve bu nedenle birçok klinik koşula ve parametreye uygulanabilir (Hosny et al., 2018). Sonuçta açık olarak görünmektedir ki radyolojide YZ sistemleri umut verici yeni bir araç seti sağlamaktadır (Tahral et al., 2018).

Dermatoloji:

Tanıların görsel olarak yapıldığı dermatoloji alanında YZ özellikle ilgi çekicidir (Rundle, Hollingsworth and Dellavalle, 2021). Bilgisayar destekli görüntü sınıflandırmasında dermatoloji yönlerinde otomatikleştirme, 30 yılı aşkın süredir devam etmektedir lakin önceki çabalar sınırlı bir başarı elde etmiştir. İnflamatuar dermatozları teşhis etmek veya izlemek için çeşitli algoritmalar kullanılmış olsa da bunlar cilt lezyonlarını, özellikle de melanomu teşhis etmek için kurulan ağlar kadar başarılı olamamışlardır. Bu sebep ile geri kalan kısımda ağırlık cilt lezyonlarında olacaktır (Du-Harpur et al., 2020).

Muayene ve görüntüleme, birçok cilt lezyonu tipinin teşhisi için önem arz etmektedir. Dermatologlar muayene yolu ile teşhis için yaygın olarak bilinen ABCDE kuralı gibi temel kurallar geliştirmişlerdir. Bu geliştirilen kurala göre A, tümörün geometrik asimetrisine; B, düzensiz sınırlara; C, renk çeşitliliğine; D, 6mm' ye eşit veya daha büyük bir çapa ve E, çapın genişlemesine atıfta bulunduğu pigmente tümörlerin teşhisi için uygulanır ve de E kriteri dışındaki diğer kriterler tek bir fotoğraftan değerlendirilebilmektedir (Yu et al., 2018).

Uzun yıllar boyunca araştırmacılar iyi huylu ve kötü huylu lezyonların fotoğraflarını sınıflandırmaya çalışan bir mekanizma geliştirmeye çalıştılar (Yu et al., 2018). 2017 yılında Esteva ve ark. Nature dergisinde yayınladığı bir makaleye göre bir yazılım geliştirmenin mümkün olduğunu gösterdi. Bu makaleye göre 125.000' e yakın klinik görüntü üzerinde eğitilen nöral ağlar, teşhis kısmında dermatolog düzeyinde başarı elde etmiş (Ganascia, 2020).

Derin öğrenme algoritması, algoritma tahminleri ve 21 dermatolog ile yapılan bir dizi fotoğrafik ve dermoskopik değerlendirmelerin karşılaştırılmasına göre ortalama bir dermatologdan daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur (Yu et al., 2018). Bu derin öğrenme modelinin eğitim aşaması pahalı olabilse de nihai teşhis modeli mobil cihazlara entegre edilebilir ve dünya çapında uzman düzeyinde cilt lezyonu taramasının erişilebilirliği iyileştirilebilir (Esteva et al., 2017). Ayrıca akıllı telefonların derin sinir ağ kullanımı arttıkça YZ düşük bir maliyet ile ölümcül bir hastalığı teşhis edebilir ve teşhisini iyileştirme potansiyeline sahiptir (Kapoor, Walters and Al-Aswad, 2018).

Patoloji:

Histopatolojik değerlendirme birçok kanser türü teşhisi için çok önemli standarttır. Prosedür, numunenin doku işlenmesini ve pigmentlerle boyanmasını, ardından uzman patologların görsel değerlendirmeye dayanarak mikroskop altında yorumlamasını içermektedir. Ayrıca bu numunelerin görsel değerlendirmesi sırasında patologlar arası tutarsızlık gözlemlenmiştir (Yu et al., 2018).

Patolojide YZ tabanlı görüntü analizi yaklaşımlarının geliştirilmesi, teşhis doğruluğunu iyileştirme, yukarıda da dendiği gibi patologlar arası tutarsızlığı kaldırma ve biyobelirteç yaklaşımlarını belirlemeye yardımcı olmak gibi çeşitli koşulları daha iyi hale getiriyor (Bera et al., 2019). Derin öğrenme ile birlikte belirli bir sinir ağı alt tipi (konsülvasiyonel sinir ağıları: CNN) görüntü tanımda fiili standart haline gelmiştir ve bir dizi görevde insan performansına yaklaşmaktadır. Görüntüleme tekniklerindeki bu büyük başarılarla rağmen YZ teknikleri görüntüleme alanında büyük bir etki yaratmamıştır, bunun sebebi derin öğrenme sistemlerini eğitmek için gereken çok sayıda görüntünün hazır olmamasıdır (Litjens et al., 2016).

Genom Yorumu:

Yüksek verimli sıralama yöntemleri, genomik çalışmalar için terabaytlarca ham veri üretmektedir ve bu verilerin doğru yorumu, bireyler arası farklılıkları anlamının anahtarıdır ve hassas tıbbın yolunu açar (Yu et al., 2018). Derin öğrenme genomik için çok uygundur. Çoklu öğrenme katmanları, hücreler içinde çoklu bilgi işleme ve soyutlama düzeylerini yakalayabilir (Park et al., 2015). Bu gibi yaklaşımlar kanser gibi genetik bileşenleri olan karmaşık hastalıkların teşhisi için de faydalı olabilir (Yu et al., 2018).

Biyobelirteç Keşfi İçin Makine Öğrenimi:

Biyobelirteç keşfi, binlerce ölçüm ve fenotip arasında önceden tanınmayan kolerasyonların belirlenmesine dayanmaktadır. Bununla birlikte, araştırmacıların elde edilen verilerin manuel olarak analizleri ve yorumlanmaları neredeyse imkânsızdır. YZ yöntemleri, hastalık durumu ve hastalık alt tipleri ile ilişkili moleküler kalıpları tanımlayabilir, ölçümler arasındaki üst düzey etkileşimleri hesaba katabilir ve hastalık fenotiplerini tahmin etmek için imzalar türetebilir. Kanserler, gen ifadesi, protein bolluğu seviyeleri ve DNA metilasyon profilleri, bulaşıcı hastalıklar ve Down sendromu riski dâhil olmak üzere bir dizi hastalık durumunu tahmin edebilir (Yu et al., 2018).

Klinik Sonuç Tahmini ve Hasta İzleme:

Klinik karar vermede durumların saniyeler içinde geliştiği yoğun bakım ünitelerinde, ameliyathanelerde, acil servislerde hasta takibi çok önemlidir. Bu rutin izleme cihazları büyük miktarda veri üretmektedir ve bu üretilen veri yapay zekâ destekli uyarı sistemleri için büyük bir fırsat sunmaktadır (Yu et al., 2018). Örneğin Yapılan vaka kontrol çalışmasında kardiyak arrest için bir tahmin modeli oluşturulmuştur (Churpek et al., 2012).

Günümüzde kronik hastalıklar bulaşıcı hastalıkların rolünü üstlenmektedir (Jeddi, Bohr, 2020). Yaşlanan nüfus ve önde gelen sağlıksız yaşam tarzları ile birlikte birden fazla kronik hastalıkla yaşayan insan sayısında artış muhtemeldir ve bu kişiler için temel zorluk da kesin bir tedavinin olmaması, hastalığın sürekli olarak takip edilmesi gerektiğinden kaynaklanmaktadır (Jeddi, Bohr, 2020). Derin öğrenme algoritmaları ile ham hasta izleme verilerinin, daha doğru klinik tahmin ve zamanında karar vermeyi sağlarken aşırı bilgi yüklemesini ve uyarı yüklemesini önlemek için daha iyi kullanılabileceğini göstermektedir (Yu et al., 2018).

Giyilebilir Cihazlar Aracılığı ile Sağlık Durumu Çıkarımı:

Modern giyilebilir cihazlar çok sayıda biyomedikal sinyali kaydetmektedir (Yu et al., 2018). Bu cihazlar kişinin fizyolojik ve hareket aktiviteleri durumunu eş zamanlı olarak izleyebilir (Majumder et al., 2017). Bu sinyaller hastalık tespiti ve sağlık durumu çıkarımlarında faydalı olabilir (Yu et al., 2018). Cihazlara sensörlerin dâhil edilmesi, kardiyovasküler hastalıklar, akciğer hastalıkları, anemi ve uyku apnesinin izlenmesine olanak sağlayabilir (Yu et al., 2018). Ayrıca bu cihazlar Parkinson hastalığı olan kişilerde titreme, bozulmuş el hareketi, yürüyüş, duruş ve konuşma gibi semptomları algılayabilir ve miktarını belirleyebilir (Pastorino et al., 2013).

Otonom Robotik Cerrahi:

Yapay zekânın geliştirilmesi ile birlikte cerrahi robotlar insanüstü bir performans sergileyebilmektedir. Otonom robotlar endüstride çok başarılı olmalarına rağmen bu sistemlerin dokuların karmaşıklığını ve öngörülemeyen sorunları kaldırabilmesi için daha çok yol kat etmesi gerekmektedir. Bu robotların potansiyel uygulamaları, kısıtlı alanlarda hassaslık gerektiren iyatrojenik cerrahi yaralanmaları önlemek olabilir. Kulak burun boğaz, oftalmoloji, jinekoloji, ortopedi ve ideal olarak ürolojideki prosedürler bu robotlar tarafından yapılabilir (Andras et al., 2019).

Önceden programlanmış, görüntü kılavuzlu ve teleoperasyonlu cerrahi robotların sürekli gelişimiyle birlikte, daha fazla robot destekli veya otomatik müdahale yönteminin cerrahi uygulamaya dahil edilmesi beklenmektedir (Yu et al., 2018). Bu bütün kullanım alanları ile birlikte YZ gelecekte sağlık hizmetlerinde önemli bir rol oynaması muhtemel iken bunun yanında zorlukları da beraberinde

getirmektedir (Kapoor, Walters and Al- Aswad, 2018). Bu zorluklardan bazıları doktorlarda değer azalmasına yol açabilme, YZ programları altta yatan klinik bağlamı tam anlamı ile dâhil edemez, doktorlar tarafından ele alınan insan psikolojisini ve sosyal yönlerini de tam olarak dâhil edemez, Cabitza ve meslektaşlarının yaptıkları çalışmalarda bu bulgulara rastlanmıştır (Kapoor, Walters and Al- Aswad, 2018).

3. Halk Sağlığında Yapay Zekânın Kullanım Olanakları:

Son on yılda tıp alanında yapay zekâ ile ilgili yayınlar epeyce artmıştır. Yeni teknolojilerle depolama imkânları ve işlemci gücünün artmasıyla bilgisayarlar bir hekimin kariyeri süresince edinebileceği deneyime birkaç saniyede erişebilir hale gelmiştir. Özellikle radyolojik görüntülemeler yapay zekânın başlıca özelliklerindedir. Meme taramasında lezyon sınıflandırmasında kullanılan yapay zekâ sistemi bir tümör ile normal dokuyu, malign ile benign lezyonları ayırt etmede etkilidir. Yine radyolojik akut iskemik görüntülemelerde otomatik analiz uygulamaları mevcuttur. Halk Sağlığında ise yine yapay zekâ uygulamalarının birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Sürveyans sistemleri, epidemiyolojik analizler, sağlık risklerinin saptanması, hastalıkların erken tanısı, salgın yönetimi ve aşı çalışmaları gibi konular kullanım alanlarına örnek verilebilir (Alıcılar,2021).

Halk sağlığındaki biyoistatistik uygulamalarında, toplulukların kanser, diyabet vb. hastalıklara yatkınlıklarının, epidemi ve gündemimizde uzun bir süredir yer alan Covid-19 gibi pandemilerin erken fark edilmesinde önemli bir rol alacağı düşünülmektedir. Hızlı tanıda, uygun maliyet ve çok fazla örneğin aynı anda hızlı ve doğru taranması hastalıkların teşhis ve tedavisinde oldukça önemlidir (Yücel, 2020). Bir bölgedeki belli hastalıklardaki artışı, hastalığı oluşturan nedenlerini ve olası sonuçları hesaplamak kitle büyüklüğüne uygulama hızına uygun tedavileri belirlemek halk ve toplum sağlığına Covid-19 gibi bulaşıcı hastalıkların yıpratıcı etkisini büyük bir ölçüde azaltacaktır. Yapay zekânın ve büyük verilerin ortaya çıkışı teşhislerdeki rutin taramaları hatta belki de genel pratik ve patolojiyi bile değiştirecektir (Benke 2018). Yapay zekâ sistemleri kişiselleştirilmiş ve kategorize edilmiş sistemler oluşturularak COVID-19'a karşı duyarlı bireylerin sınıflandırılmasında kullanılabilir (Altındış, 2021). Aynı sistem diğer birçok hastalık için veya büyük veri düzenlenmesi, analizi için kullanılabilir. Aynı zamanda yapay zekâ teknolojisi ve beraberinde gelişen birçok teknolojinin neticesinde yeni meslekler, iş alanları ve tıpta uzmanlıklar çıkması da belli olmayan bir gelecekte mümkündür. Aslında tam tersi bir durum varmış gibi gözükmesine yani makineler insanların işlerini elinden alacak gibi görünse de bu yanlış bir öngörü olur. Çünkü dünya dördüncü sanayi devrimine girerken sağlık sektörünün de bundan etkilenmesi muhtemeldir. Bu kapsamda geleceğin bilgi teknolojileri

temelli önemli sağlık meslekleri sağlıkta büyük veri analisti, klinik iş analisti, sanal gerçeklik destekli cerrahi planlayıcı, plastik/rekonstrüktif ve estetik cerrahi 3D yazıcı uzmanı, sanal hastane müdürlüğü, derin öğrenme uzmanı, sentetik organ tasarımcısı meslekleri yer alacaktır. Ülkemizde de bu meslek gruplarında becerikli ve nitelikli eleman yetiştirmesi en doğrusu olacaktır (Önder G, 2019).

4. Epidemiyolojide yapay zekânın kullanımı:

Halk sağlığında genellikle ‘‘büyük veri’’ kavramı üzerinde durulmaktadır. Büyük veri genellikle hız ve işlem hacminin gerektirdiği kısıtlamalar nedeniyle yerel masaüstü bilgisayarların ve geleneksel yazılımların kapasitesinin ötesinde olan dağıtılmış veri işlemeye sahip büyük ölçekli makro sistemlerde ilişkilendirilir ve metin mesajları, resimler, video ve müzik dosyalarının akışını içerebilir (Benke, 2017). Riskin yaptığı bir çalışmada her 50 yılda bir çağın trendlerine göre sağlıkta bir devrim yaşandığını ve 2020’lerde büyük veriye, araçlara ve bakımın sistemleştirilmesine yönelik eğilim, hastanelerin ve doktorların çalışma biçiminde ve en önemlisi hastaların tedavi edilme biçiminde devrim yaratacağını söylemiştir. Bu hedeflere ulaşmak için büyük veri, son on yıldaki en verimli evrim aracı olarak kabul edilmektedir (Riskin, 2012). Bugünkü zorluk, bu büyük verileri anlamlı bir şekilde analiz etmektir. Bu yöntemin uygulamaları, yalnızca mevcut bilgi miktarı ile sınırlı görünmektedir (Lecun, Bengio ve Hinton, 2015). Elektronik sağlık verilerine dayalı olarak 6 ay içinde hastaneye plansız yeniden kabulün tahmin edilmesi (Nguyen ve ark. 2017), elektronik sağlık kayıtlarının deşifre edilmesi (Dernoncourt ve ark.2017) ve sosyal medyanın analiz edilmesi (Choi ve ark. 2017), (Kang ve ark. 2017) epidemiyoloji ve halk sağlığı ile ilgili çeşitli uygulama türleridir. Ancak yapay zekâ, yararlılığı yalnızca doğru soruyla eşleştirilerek sınırlı olan bir yöntemler paneli sunan makine öğrenimi yaklaşımları ve istatistiksel öğrenme gibi diğer birçok tekniği kapsar. Herhangi bir büyük veri kümesini saf bir şekilde araştırmak, anında yanıtlar vermeyecektir. Epidemiyolojik yaklaşımlar, akıllı ve uygun sorular, en uygun tasarımla ilgili verilerin dikkatli bir şekilde toplanması ve sonuçların doğrulanması ile başlar (Dernoncourt ve ark. 2017), (Choi ve ark. 2017).

Epidemiyoloji, hastalık nedenlerini daha iyi anlamak ve yayılmalarını önlemek için hastalık dağılımı, insidansı ve etiyolojisinin incelenmesidir (Bailey, Gordis, ve Green, 1994). Epidemiyoloji geleneksel olarak halk sağlığı kuruluşları tarafından sağlık kurumları, hastaneler, sağlık personeli, doktor muayenehaneleri ve diğer kaynaklardan toplanan verilere dayanmaktadır. Önceden, tıbbi kayıtlar çoğunlukla kağıt tabanlıyken, dünyanın herhangi bir yerinde bir enfeksiyonun ortaya çıktığını

öğrenmek haftalar alabilirdi. Dijital verilerin doğrudan insanlardan toplanmasıyla, teknoloji ve elektronik cihazların kullanımı sonucunda son yıllarda yeni veri kaynakları ortaya çıkmıştır (Eysenbach, 2009). Sosyal medya, web siteleri ve arama motorları gibi medya sağlık dışı amaçlarla yapılacak düzenlemeler epidemiyolojide dijital epidemiyoloji olarak adlandırılmaktadır. Kişisel elektronik sağlık kayıtları ve diğer halk sağlığı verileri yapay zekâ uygulamaları için paha biçilmez kaynaklardır ancak bunların ötesinde yapay zekâ, sağlığı korumak için sağlık dışı amaçlarla üretilen verilerin karar verme süreçlerine dâhil edilmesini sağlayabilir (Salathé, 2018). Çok sayıda çalışma, sosyal medya ve internet arama motoru aramalarındaki semptom bildiren kelimelerin analizi yoluyla salgın hastalıkların yayılmasının erken tespit edilebileceğini göstermiştir (Benke, Benke, 2018).

Epidemiyolojide büyük verinin devasa potansiyeli, Google arama ve Twitter gibi sosyal medyayı kullanarak hastalık semptomlarına ilişkin çevrimiçi sorguları izleyerek salgınların yayılmasının erken tespit edilebileceğini gösteren öncü bir çalışma Deiner tarafından yapılmıştır. Örüntü tanıma ve veri analitiği, konjonktivit insidansı ile ilgili hastalık modellerinin tespiti, tanınması ve sınıflandırılması için araçlar olarak kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, biyogüvenlik tehditlerinin ve grip salgınlarının erken uyarı ve tespitinin, çevrimiçi sorguların gözetimi ile mümkün olabileceğini düşündürmektedir. Tespitin zamanında yapılması ve erken müdahale, elektronik tıbbi kayıtlar, ilaç satışları ve hastane kabulleri dahil olmak üzere somut verilere korelasyonla daha fazla doğrulamaya tabi olan görülür faydalarındandır (Deiner ve ark. 2016). Şubat 2012'de, Michigan'daki halk sağlığı yetkilileri, klinik laboratuvarlardan alınan elektronik raporlarda, çeşitli ilçelerde E. coli vakalarını gösteren bir artış kaydetmiştir. Bir haftadan kısa bir süre içinde yetkililer, Jimmy John's sandviç zincirindeki yiyeceklerdeki muhtemelen yonca filizleriyle bağlantılı enfeksiyon hakkında halkı uarmak için yeterli kanıtı sahip oldular. Zincir filizleri hızla çıkardı ve nisan ayına kadar salgın önlenmiştir (Freudenheim, 2012). Ginsberg ve Polgreen, internet arama motorlarındaki (Google ve Yahoo) çok sayıdaki sorgunun, bir ila iki hafta önce ABD'deki grip salgınlarını tespit etmek için kullanılabileceğini gösteren iki bağımsız çalışma yayınlamıştır (Ginsberg ve ark. 2009), (Polgreen ve ark. 2008). ABD'de Lu ve ark. (2019) bulaşıcı hastalıkları internet verilerini kullanarak önceden tahmin etmeye yarayan bir sistem üzerinde çalışmıştır. Bu sistem Google arama sıklığını, elektronik sağlık verilerini ve eyaletlerdeki grip eğilimlerini birleştiren bir yöntem kullanmıştır. Bu çalışma sayesinde zamanında ve nüfusa özel müdahale yapılması amaçlanmıştır. Kanada'daki kuş gribi salgını, Twitter tabanlı bir veri analiz sistemi kullanılarak gerçek zamanlı ve otomatik olarak izlenmiştir. Temmuz 2017'den Kasım 2018'e kadar araştırmacılar, çeşitli uluslardan kuş gribi hakkında 209.000'den fazla tweet resmi raporlarla karşılaştırılmış ve verilerin pandemiye temsil etme yüzdesi değerlendirilmiştir (Yousefinaghi ve ark. 2019). Kanadalı bir şirket, daha sonra tüm dünyayı etkileyecek olan COVID-19 salgını, Çin hükümeti ve uluslararası kuruluşlardan önce, yabancı dillerdeki haberler, konuyla ilgili ağlar gibi

çok çeşitli kaynaklardan yapay zekâ teknolojileri ile veri toplayıp analiz ederek tespit edebilmiştir (Bragazzi ve ark. 2020).

Sosyal medya üzerinden bulaşıcı olmayan hastalıkların takibi de mümkündür. Garimella ve ark., Instagram uygulaması aracılığıyla coğrafi etiketli fotoğrafları ve açıklamalarını analiz ederek ilçe düzeyindeki sağlık istatistiklerinin tahmin edilebileceğini göstermiştir (Garimella, Alfayad ve Weber, 2016). Paul ve Dredze (2011), salgında kullanılanlara benzer modellerle insanların Twitter'da yazdıkları mesajlarda alerji, obezite ve uykusuzluk dâhil birçok hastalığı araştırmıştır. Yine sosyal medya mesajları aracılığıyla intihar düşüncesi olan kişileri tespit edip sağlık kuruluşlarına yönlendirmek de mümkündür (Graham ve ark. 2019).

Büyük veri uygulamasının bir başka örneği, klinik denemelerin tüm popülasyon için kullanılan standart bir yaklaşım yerine hedefe yönelik tedavi için biyobelirteçler sağlayan DNA profiline göre hasta seçimine dayandığı hassas tıptır (Rubin,2016). Klinik deneyler için aynı genetik anomaliliği paylaşan bireylerin seçilmesi, daha kesin ilaç geliştirme ve mevcut ilaçlarla daha doğru tedaviler sağlar (Rubin,2015). Ek avantajlar arasında, plaseboya ihtiyaç duymadan numune boyutunda azalma ve klinik deneylerdeki değişkenliğin azalması da yer alır. Ayrıca genom dizilemenin daha fazla tanısal duyarlılık ve daha kesin tedavi üretme potansiyeli de vardır (Ashley,2016). Büyük ölçekli popülasyon çalışmaları ve büyük veri analitiği, nedensellik araştırmalarını desteklemek için daha doğru genotipik ve fenotipik veriler için kullanılabilir. Her ne kadar yapay zekânın halk sağlığında kullanımının faydalarına dikkat çekilse de beraberinde potansiyel sorunlar da getirmektedir. Birbirinden farklı verileri entegre etme, etkili ve tarafsız doğrulama tekniklerinin eksikliği gibi birçok problem vardır (Rodríguez-González ve ark. 2019). Aynı zamanda yapay zekâ çeşitli etik ve hukuki sorunları da gündeme getirmektedir. Bu verilere kimlerin erişeceği ve ne amaçla kullanılacağı yine başlıca bir sorundur. Yapay zekâ uzman kişilerin kullanımı doğrultusunda, sağlıkta fırsat eşitliği gözetilerek uygulanmalıdır.

5. Sağlık hizmetleri ve yönetiminde yapay zekânın kullanımı:

Yapay zekâ insana ait düşünme ve bilinç yapısının makineye uyarlanması ile elde edilen kompleks işlemleri bilgisayar üzerinde insan beyin yapısına benzer şekilde çözmek için kurgulanmış sistemlerdir. Yapay zekâ ve bunun alt dalları merkezi ve yerel sağlık kurumlarında gerek yönetim gerekse klinik süreçlerde kullanılmaktadır. Dijital sağlıkta sağlanan hizmetlerin hemen hemen hepsinde yapay zekâ uygulamaları temel teşkil etmektedir (Shin, 2019).

Teşhis alanında yapay zekânın bir alt kolu olan uzman sistemlerin kullanımına çeşitli örneklerde rastlanmaktadır. Özellikle teşhisi güç olan hastalıklarda elektronik hasta kayıtları ve bulut sistemlerde tutulan hasta verileri üzerinde tahminleme yapabilen uygulamalar ABD’de kullanılmaktadır (Ziuziański, Furmankiewicz & Sołtysik-Piorunkiewicz, 2014).

Kronik hastalıklarda erken tanı ve sürecin yakından izlenebilmesi ciddi önem taşımaktadır. Yapay zekâ destekli IoT tabanlı uzaktan takip sistemleri bu konuda çözümler sunmaktadır. IoT tabanlı sistemler hasta ile ilgili ham veri sağlamakta ve bu veriler makine öğrenmesi algoritmaları ile işlenerek kişinin durumu ve risk var ise bu konuda erken uyarı görevi görmektedir. Günümüzde özellikle yaşlı ve kronik hastalık riski taşıyan hastalar için uygulamaları farklı ülkelerde mevcuttur (Darsan & Anandakumar, 2015)

Yapay zekânın eğitimi ve sağlıklı sonuçlar üretebilmesi kullanılan verinin çokluğu ve kalitesi ile doğru orantılıdır. Bu doğrultuda yukarıda bahsettiğimiz nesnelere interneti gibi çözümlerle toplanan veriler, kişilerin sağlık risklerinin önceden tespitinde kullanılabileceği gibi, yaşanan bölgelerde sağlık risk haritalarının oluşturulması, sağlık bazlı farklı gruplamaların yapılması akıllı şehirleşme gibi oluşumların da temelini oluşturmaktadır. Akıllı şehir konseptinde sağlık hizmetinin tamamen dijitalleştiği ve hastanın fiziksel bir hastane ile etkileşiminin neredeyse hiç olmadığı bir süreç düşünülmektedir. Şu anda bulut ortamında yaklaşık 35 trilyon gb veri tutulduğu düşünüldüğünde böyle bir yapıya geçildiğinde bulut ortamında katrilyonlarca gb veri tutulması ve bunun üzerinde yapay zekâ uygulamalarının kullanılması düşünülmektedir (Allam & Dhunny, 2019).

Kaynaklar:

- 1- Alicılar, H. E., & Meltem, Ç. Ö. L. Halk Sağlığında Yapay Zekanın Kullanımı. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 47(1), 151-158.
- 2- Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 89, 80-91.
- 3- Altındış, M. (2021). Yapay Zekanın Mikrobiyolojide Kullanımı, Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü Dergisi, İstanbul, 2021.
- 4- Andras, I., Mazzone, E., van Leeuwen, F.W.B. et al. Artificial intelligence and robotics: a combination that is changing the operating room. *World J Urol*, 2020; 38: 2359–2366 <https://doi.org/10.1007/s00345-019-03037-6>
- 5- Ashley, E.A. Towards Precision Medicine. *Nat. Rev. Genet.* 2016, 17, 507–522.
- 6- Bailey LA, Gordis L, Green M. Reference guide on epidemiology. Reference Manual on Scientific Evidence, 1994.
- 7- Benke K, Benke G. Artificial Intelligence and Big Data in Public Health. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15.
- 8- Benke K. , Benke G. , Artificial Intelligence and Big Data in Public Health, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018 <https://doi.org/10.3390/ijerph15122796>
- 9- Benke, K.K. Uncertainties in Big Data when using Internet Surveillance Tools and Social Media for determination of Patterns in Disease Incidence. *JAMA Ophthalmol.* 2017, 135, 402.
- 10- Bera, K., Schalper, KA, Rimm, DL, Velcheti, V., & Madabhushi, A. (2019). Artificial intelligence in digital pathology — new tools for diagnosis and precision oncology. *Nat Rev Clin Oncol*, 16 (11), 703–715. <https://doi.org/10.1038/s41571-019-0252-y>

- 11- Beyaz, S., Yaylı, S.B. (2021). Artificial Intelligence Applications In Orthopaedics & Traumatology, Sağlık Bilimlerinde Yapay Zekâ Dergisi, 2021 (1): 12-15. <https://doi.org/10.52309/jai.2021.3>
- 12- Bragazzi NL, Dai H, Damiani G, Behzadifar M, Martini M, Wu J. How Big Data and Artificial Intelligence Can Help Better Manage the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17.
- 13- Bughin J, Hazan E, Ramaswamy S, Chui M, Allas T, Dahlstrom P, et al. Artificial intelligence: the next digital frontier? 2017.
- 14- Cabitza F, Rasoini R, Gensini GF. Unintended Consequences of Machine Learning in Medicine. *JAMA*. 2017;318(6):517–518. doi:10.1001/jama.2017.7797
- 15- Choi S, Lee J, Kang MG, Min H, Chang YS, Yoon S. Large-scale machine learning of media outlets for understanding public reactions to nation-wide viral infection outbreaks. *Methods Inf Med* 2017;129:50–9.
- 16- Churpek, MM, Yuen, TC, Huber, MT, Park, SY, Hall, JB ve Edelson, DP (2012). Predicting Cardiac Arrest on the Wards . *CHEST* , 141 (5), 1170–1176. <https://doi.org/10.1378/chest.11-1301>
- 17- Çilingir, B. M. Pulmoner rehabilitasyonda yapay zeka; giyilebilir takip cihazları.
- 18- Dalal R, Varahamurthy R, Talegaon R. A to I of Artificial Intelligence. *work*. 2020;7:8.
- 19- Darshan, K. R., & Anandakumar, K. R. (2015, December). A comprehensive review on usage of Internet of Things (IoT) in healthcare system. In 2015 International Conference on Emerging Research in Electronics, Computer Science and Technology (ICERECT) (pp. 132-136). IEEE.
- 20- Deiner, M.S.; Lietman, T.M.; McLeod, D.; Chodosh, J.; Porco, T.C. Surveillance tools emerging from search engines and social media data for determining eye disease patterns. *JAMA Ophthalmol*. 2016, 134, 1024–1029.
- 21- Dernoncourt F, Lee JY, Uzuner O, Szolovits P. De-identification of patient notes with recurrent neural networks. *J Am Med Inform Assoc* 2017;24:596–606.
- 22- Du-Harpur, X., Watt, F., Luscombe, N. and Lynch, M. (2020), What is AI? Applications of artificial intelligence to dermatology. *Br J Dermatol*, 183: 423-430. <https://doi.org/10.1111/bjd.18880>
- 23- Ekrem, E. C., & Daşikan, Z. (2021). Perinatal Dönemde Yapay Zekâ Teknolojisinin Kullanımı. *Eurasian Journal of Health Technology Assessment*, 5(2), 147-162.
- 24- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 542, 115–118 (2017). <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- 25- Eysenbach G. Infodemiology and infoveillance: framework for an emerging set of public health informatics methods to analyze search, communication and publication behavior on the Internet. *JMIR* 2009;11(1):1-11.
- 26- Flahault A, Geissbuhler A, Guessous I, Guerin PJ, et al. Precision global health in the digital age. *Swiss Med Wkly* 2017;147:w14423.
- 27- Freudenheim M. Fast Access to Records Helps Fight Epidemics. Available online at <http://www.nytimes.com/2012/06/19/health/states-using-electronic-medical-records-to-track-epidemics>.
- 28- GACAR, Anil. Yapay zekâ ve yapay zekânın muhasebe mesleğine olan etkileri: Türkiye’ye yönelik fırsat ve tehditler. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 2019, 8: 389-394.
- 29- Ganascia, J.-G., Avenir de l’IA en dermatologie et avenir de la dermatologie avec l’IA., *Annales de Dermatologie et de Vénérologie*. 2020; 147 (5): 331- 333 <https://doi.org/10.1016/j.annder.2020.03.001>
- 30- Garimella V, Alfayad A, Weber I. Social Media Image Analysis for Public Health. 2016. 5543–5547 s.
- 31- Ginsberg J, Mohebbi M, Patel R, Brammer L, Smolinski M, Brilliant L. Detecting influenza epidemics using search engine query data. *Nature* 2009;457:1012-4.
- 32- Graham S, Depp C, Lee EE, Nebeker C, Tu X, Kim H-C, vd. Artificial Intelligence for Mental Health and Mental Illnesses: an Overview. *Curr Psychiatry Rep*. Kasım 2019;21(11):116.
- 33- Hamet P, Tremblay J. Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*. 2017;69:S36-S40.
- 34- HOCAOĞLU, A. H. "Yapay Zekâ Ürünleri Üzerinde Fikri Haklar."
- 35- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J. et al. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer* 18, 500–510 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
- 36- Jeddı, Z., Bohr, A., Remote patient monitoring using artificial intelligence, *Science Direkt*. 2020; Academic Press: 203- 234 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818438-7.00009-5>
- 37- Kang GJ, Ewing-Nelson SR, Mackey L, Schlitt JT, Marathe A, Abbas KM, et al. Semantic network analysis of vaccine sentiment in online social media. *Vaccine* 2017;35:3621–38.
- 38- Kapoor, R., Walters, S. P., & Al-Aswad, L. A., The Current State of Artificial Intelligence in Ophthalmology. *Survey of Ophthalmology*. (2018) doi:10.1016/j.survophthal.2018.09.002
- 39- Lecun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature* 2015;521:436–44.

- 40- Litjens, G., Sánchez, CI, Timofeeva, N., Hermsen, M., Nagtegaal, I., Kovacs, I., Hulsbergen-van de Kaa, C., Bult, P., van Ginneken, B., & van der Laak, J. (2016). Deep learning as a tool for increased accuracy and efficiency of histopathological diagnosis. *Sci Rep* , 6 , 26286. <https://doi.org/10.1038/srep26286>
- 41- Lu FS, Hattab MW, Clemente CL, Biggerstaff M, Santillana M. Improved state-level influenza nowcasting in the United States leveraging Internet-based data and network approaches. *Nat Commun.* 2019;10(1):147.
- 42- Majumder, S., Mondal, T., & Deen, M. (2017). Wearable Sensors for Remote Health Monitoring. *Sensors*, 17(12), 130. <https://doi.org/10.3390/s17010130>
- 43- Marr, D.. "Artificial intelligence—a personal view." *Artificial Intelligence* 9(1);1977;37-48.
- 44- Maylawati, D.S., Ramdhani, M.A., Zulfikar, W.B., Taufik, I., Darmalaksana, W. (2017). Expert System for Predicting the Early Pregnancy with Disorders using Artificial Neural Network. 2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM).
- 45- McCarthy, J. "What is artificial intelligence." 2004. URL: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.html>
- 46- Nguyen P, Tran T, Wickramasinghe N, Venkatesh S. DeepR: A Convolutional Net for Medical Records. *IEEE J Biomed Health Inform* 2017;21:22–30.
- 47- Our World In Data, Coronavirus pandemic: daily updated research and data. <https://ourworldindata.org/grapher/deaths-co-vid-19-vs-case-fatality-rate?tab=table&year=latest> (Erişim tarihi: 19.04.2022).
- 48- Önder, G., Önder, E., & Özdemir, M. (2019). Gelişmekte olan teknolojiler sonucu sağlıkta oluşacak yeni meslekler. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 10, 71-80.
- 49- Park, Y., Kellis, M. Deep learning for regulatory genomics. *Nat Biotechnol* 33, 825–826 (2015). <https://doi.org/10.1038/nbt.3313>
- 50- Pastorino, M. et al, Wearable sensor network for health monitoring: the case of Parkinson disease, 2013, *J. Phys.: Conf. Ser.* 450. doi:10.1088/1742-6596/450/1/012055
- 51- Paul M, Dredze M. You Are What Your Tweet: Analyzing Twitter for Public Health. *Artif Intell.* 01 Ocak 2011;38:265–72.
- 52- Pesonen E, Ohmann C, Eskelinen M, Juhola M. Diagnosis of acute appendicitis in two databases. Evaluation of different neighborhoods with an LVQ neural network. *Methods Inf Med* 1998; 37: 59–63.
- 53- Polgreen P, Chen Y, Pennock D, Nelson F. Using internet searches for influenza surveillance. *Clin Infect Dis* 2008;47(11):1443-8.
- 54- Riskin D. The Next Revolution in Healthcare. Available online at <http://www.forbes.com/sites/singularity/2012/10/01/the-next-revolution-in-healthcare/>
- 55- Rodríguez-González A, Zanin M, Menasalvas-Ruiz E. Public Health and Epidemiology Informatics: Can Artificial Intelligence Help Future Global Challenges? An Overview of Antimicrobial Resistance and Impact of Climate Change in Disease Epidemiology. *Yearb Med Inform.* Ağustos 2019;28(1):224–31.
- 56- Rubin, R. Precision Medicine: The Future or Simply Politics? *JAMA* 2015, 313, 1089–1091.
- 57- Rubin, R.A. Precision Medicine Approach to Clinical Trials. *JAMA* 2016, 316, 1953–1955.
- 58- Rundle, C. W., Hollingsworth, P., & Dellavalle, R. P. (2021). Artificial intelligence in dermatology. *Clinics in Dermatology*. doi:10.1016/j.clindermatol.2021.03.011
- 59- S. Park, S. Jayaraman, Enhancing the quality of life through wearable technology, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 22 (3) (2003), 41-48.
- 60- Sağıroğlu, Ş., Demirezen, M.U.: *Yapay Zekâ Ve Büyük Veri Çalışmaları, Siber Güvenlik Ve Mahremiyet, Yapay Zekâ Ve Büyük Veri*, 3th Ed. Nobel, Ankara, Türkiye; 2021: 177- 199
- 61- Salathé M. Digital Epidemiology: What is it, and Where is it Going? *Life Sci Soc Policy* 2018; 14(1):1.
- 62- Shin, S. Y., (2019), Current status and future direction of digital health in Korea. *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology*, 23(5), 311-315.
- 63- Stamey TA, Barnhill SD, Zang Z. Effectiveness of ProstAsure™ in detecting prostate cancer (PCa) and benign prostatic hyperplasia (BPH) in men age 50 and older. *J Urol* 1996; 155: 436A.
- 64- Thrall, JH, Li, X, Li, Q, et al. Artificial Intelligence and Machine Learning in Radiology: Opportunities, Challenges, Pitfalls, and Criteria for Success, *Journal of the American College of Radiology*, 2018, Volume 15, Issue 3, 504 – 508 <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.12.026>
- 65- Ting, D., Pasquale, LR, Peng, L., Campbell, JP, Lee, AY, Raman, R., Tan, G., Schmetterer, L., Keane, PA ve Wong, TY (2019). Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. *British Journal of Ophthalmology* , 103 (2),167-175. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-313173>

- 66- World Health Organization, Coronaviruse Report. <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports> (Erişim tarihi: 19.04.2022).
- 67- Yousefinaghani S, Dara R, Poljak Z, Bernardo TM, Sharif S. The Assessment of Twitter's Potential for Outbreak Detection: Avian Influenza Case Study. *Sci Rep.* 2019;9(1):18147
- 68- Yu, KH., Beam, AL & Kohane, IS Sağlık hizmetlerinde yapay zeka. *Nat Biomed Müh* 2, 719-731 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>
- 69- Yücel B., Koronavirüs ile Mücadelede Yapay Zekanın Yeri, Health ,İstanbul 2020.
- 70- Ziuziański, P., Furmankiewicz, M., & Sołtysik-Piorunkiewicz, A. (2014). E-health artificial intelligence system implementation: case study of knowledge management dashboard of epidemiological data in Poland. *International Journal of Biology and Biomedical Engineering*, 8, 164-171.