

Türkiye ve Dünyada Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ*

Artificial Intelligence in Healthcare in Türkiye and the World

Gamze Yorgancıoğlu Tarcanⁱ, Pınar Yalçın Balçıkⁱⁱ, Nihat Barış Sebikⁱⁱⁱ

ⁱDoç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü
<https://orcid.org/0000-0002-5710-9547>

ⁱⁱDoç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü
<https://orcid.org/0000-0001-7949-5779>

ⁱⁱⁱBilgisayar Yüksek Mühendisi, T.C. Sağlık Bakanlığı, <https://orcid.org/0000-0003-1680-6431>

ÖZ

Son yıllarda sağlık hizmetleri küresel çapta ülke ekonomilerinin en önemli parçası haline gelmiştir. Teknoloji ve bilişim sistemlerinin artan ivme ile gelişimi birçok sektör gibi sağlık sektörünü de harekete geçirmiştir. Özellikle sağlık hizmetleri alanında yer alan klinik süreçlerde dijitalleşmeye geçiş tüm dünyada artış eğilimindedir. Bu dijitalleşme birçok teknolojiyi de beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda en önemli teknolojilerden biri olan yapay zekâ teknolojisi de sağlık sektörüne çok hızlı bir şekilde adapte olmaktadır. Hem idari hem de tıbbi birçok süreçte farklı yapay zekâ teknolojileri günümüzde kullanılmaya başlanmıştır. Yapay zekânın kullanımı tanı, tedavi, koruyucu sağlık hizmetleri başta olmak üzere birçok süreci hızlandırmakla birlikte aynı zamanda da yönetsel ve klinik süreçlerde maliyetleri de önemli ölçüde düşürmektedir. Bir taraftan hastane klinik fonksiyonlarında teşhis ve tedavi aşamalarını hızlandırmakta diğer taraftan da meydana gelebilecek olası insan hatalarını en aza indirmektedir. Diğer taraftan doğru kullanılmayan ya da güvenli olmayan sistemler bir taraftan sağlık insan gücünün istihdam olanağını tehdit edebilecekken diğer taraftan yanlış tanı ve tedaviye de yol açabilmektedir. Bu çalışmada öncelikle sağlık hizmetleri alanında yapay zekâ teknolojilerinin dünya örneklerine yer verilmiştir. Ardından T.C. Sağlık Bakanlığının yapay zekâ alanında yapmış olduğu ve devam eden çalışmalara yer verilmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar göstermektedir ki işgücü ve erişim problemlerini en aza indirmek, maliyetleri azaltmak, sağlık hizmetlerinde süreçleri hızlandırmak için yapay zekâ teknolojilerinden yararlanılması mümkündür. Bununla birlikte yapay zekânın kullanılmasında olası otonom saldırılar, güvenilir ve geçerli olmayan tanımlar, tıbbi hatada sistemin hukuki sorumluluğu ve teknik aksaklıklar için politika geliştirme, etik ilkeler, ölçüm ve denetim mekanizması son derece önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, Sağlık hizmetleri, T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık bilişimi

ABSTRACT

Recent years, the provision of healthcare services has emerged as the sector that contributes the most significantly to national economies on a global scale. The development of new technologies and information systems, which is proceeding at an ever-increasing pace, has sped up the healthcare sector as well as a great deal of other sectors. The shift toward digitalization in clinical workflows is becoming increasingly commonplace around the world, with particular emphasis placed on the medical sector. This process of digitalization brings with it a great deal of technological advancement. In this context, artificial intelligence technology, which is rapidly becoming one of the most important types of technology, is progressing quickly in the field of healthcare. The administrative and medical procedures that take place today make use of a wide variety of technologies that involve artificial intelligence. The application of artificial intelligence not only speeds up a variety of processes particularly diagnostics, treatments, and preventative health services but also significantly cuts costs in administrative and clinical procedures. On the one hand, it quickens the stages of diagnosis and treatment in hospital clinical functions, and on the other, it reduces the likelihood of human errors that might take place. On the other hand, improperly used or unsafe systems can threaten the employment opportunity of the health workforce, and can lead to misdiagnosis and malpractice. In this study, first of all, worldwide sample applications and costs of artificial intelligence technologies in the field of health services are given. Then, the ongoing studies carried out by the Ministry of Health of Türkiye in the field of artificial intelligence are included. Studies on the subject show that it is possible to use artificial intelligence technologies to minimize labor and access problems, reduce costs, and speed up processes in health services. However, in the use of artificial intelligence, policy development, ethical principles, measurement and control mechanism are extremely important for possible autonomous attacks, unreliable and invalid diagnoses, legal responsibility of the system in medical errors and technical failures.

Keywords: Artificial intelligence, Healthcare services, Ministry of Health of Türkiye, Health informatics

* Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi, 2024;14(1):50-60

DOI: 10.31020/mutfd.1278529

e-ISSN: 1309-8004

Geliş Tarihi – Received: 10 Nisan 2023; Kabul Tarihi - Accepted: 07 Kasım 2023

İletişim - Correspondence Author: Nihat Barış Sebik <sebikbars@gmail.com>

1. Giriş

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yaşam kalitesinin artmasının doğru orantılı olduğu söylenebilir. Sağlık açısından bakıldığında gelişen teknoloji ve yeni yöntemler ile tedavi süreçleri hızlanmakta ve sağlığın korunması ile ilgili süreçler iyileşmektedir. Sağlık hizmeti verilerinin artan kullanılabilirliği ve büyük veri analitik yöntemlerinin hızlı gelişimi, yapay zekanın sağlık hizmetlerinde son zamanlarda başarılı uygulamalarını mümkün kılmıştır. İlgili klinik soruların rehberliğinde, güçlü yapay zekâ teknikleri, büyük miktardaki verilerde gizlenen bilgilerin kilidini açabilmekte ve bu da klinik karar vermeye yardımcı olabilmektedir.¹

Yapay zekâ, insana ait düşünme yeteneğinin makinelerle kazandırılması ile ortaya çıkan karmaşık iş ve işlemleri bilgisayarlar yardımı ile çözmek için kullanılan sistemlerdir. Yapay zekâ otomotiv, savunma sanayi, bankacılık gibi birçok alanda kullanıldığı gibi sağlık kurum ve kuruluşlarında da özellikle idari ve klinik süreçlerde süreci hızlandırmak, verimi artırmak ve maliyetleri azaltmak amacı ile kullanılmaktadır. Yapay zekâ ilk olarak İkinci Dünya Savaşı ile birlikte gündeme gelmiş, ünlü bilgisayar bilimcisi Alan Turing makine zekâsı ile ilgili bir test yaratmış, burada bir bilgisayar ile bir insan arasında anlamlı bir fark bulmayı amaçlamış ve bulunmadığı takdirde bilgisayarı insan kadar zeki kabul etmek gerektiğini ortaya koymuştur.² Bu kapsamda 1950 yılında Alan Turing, yapay zekâ fikrini tam anlamıyla ortaya atmış ve bir makinenin bir insana eş değer olduğunu veya insandan ayırt edilemez akıllı davranışlar sergileme yeteneği olan Turing testini tasarlamıştır.³

Tıpta yapay zekâ, modern çağda yapay zekânın ortaya çıkışıyla örtüşmektedir. Yapay zekâ sağlık alanında, hekimlerin bilgisayar destekli programlar kullanarak tanımlarını iyileştirmeye yönelik ilk girişimleri yaptığı 1950'lerden beri uygulanmaktadır.⁴ Yapay zekâ teknolojisinin cerrahi alanda uygulanması ilk olarak Gunn tarafından 1976'da bilgisayar analizi ile akut karın ağrısını teşhis etme olasılığını araştırdığında başarılı bir şekilde uygulanmıştır.⁵

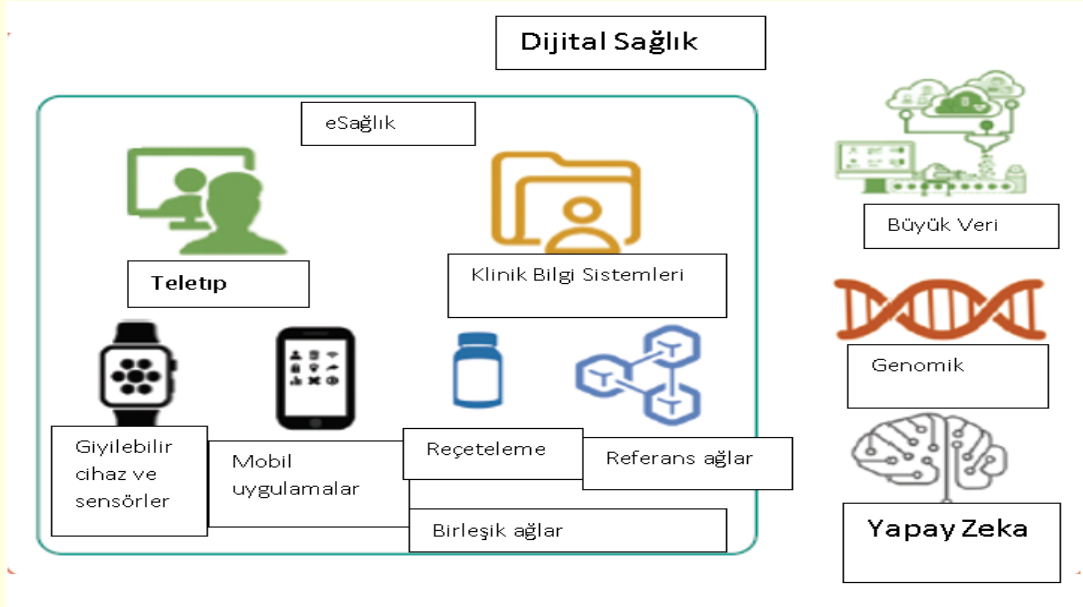
Yapay zekâ, sağlık profesyonellerinin tanı ve tedavi süreci belirlemesine yardımcı olmakta, hastaya özgü tedavi süreci belirleyebilmekte, hastanın semptomlarına göre uygun ilacı önerebilmekte, uzaktan hasta takibi sağlayarak ilgili sağlık kuruluşundan hastanın takibini sağlayabilmekte ve malpraktis oranını azaltıcı rolü olan imkânlar sunabilmektedir. Bu sayede hem maliyet azaltılmakta hem de sağlık hizmetlerinde süreç hızlanmaktadır.⁶

Bu çalışmada, Dünyada ve Türkiye'de yapay zekâ teknolojilerinin sağlık sektöründe hangi alanlarda kullanıldığına dair bilgiler sunulmaktadır. Bu kapsamda öncelikle sağlık hizmetlerinde yapay zekânın önemine yer verilmekte ardından sağlık alanında dünyadaki yapay zekâ çalışmaları incelenmekte ve sonrasında da T.C. Sağlık Bakanlığı'nın yapay zekâ projeleri ve bunların etkilerinden bahsedilmektedir.

2. Sağlık Hizmetleri Kapsamında Yapay Zekâ

Avustralya Council of Learned Academies yapay zekâyı, "insanların düşünmesini gerektirecek görevleri yapmak ve problemleri çözmek üzere birbirleriyle ilişkilendirilmiş teknoloji koleksiyonu" olarak tanımlamaktadır.⁷ Bu teknolojiler güvenlik, endüstri, tarım, üretim, sağlık ve daha birçok alanda fark yaratmaktadır. Son birkaç yılda, bilim insanlarının tıpta yapay zekâyı olan ilgisinde de artış görülmüştür. Bu kapsamda özellikle hekimlerin tedavi kararlarına yardımcı olacak proaktif yönlendirmeler yer almaktadır. Geçtiğimiz yıllarda yapılan araştırmalara göre tıpta yapay zekânın piyasa değerinin 2021 yılına kadar 6,6 milyar dolara, 2026 yılına kadar ise 45,2 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmekte iken özellikle COVID-19 pandemisi sonrasında 2026 yılında beklenen piyasa değeri 291,5 milyar dolara ulaşmıştır.⁸

Şekil 1’de görüldüğü gibi yapay zekâ aslında dijital sağlık kavramının bir bileşenidir. Dijital sağlık çatı bir kavram olarak düşünüldüğünde; sağlığı iyileştirmek için dijital teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılmasıyla ilgili bilgi ve uygulamalar bütünü olarak tanımlanabilmektedir. Bu teknolojiler, gelişmekte olan ülkelerde erişime yönelik coğrafi ve sosyoekonomik engellerin aşılmasına yardımcı olabilmekte veya sağlık hizmeti sunumunun sınırlı olduğu yerlerde daha proaktif, önleyici, kişiselleştirilmiş ve işbirlikçi sağlık hizmetleri uygulamalarına temel oluşturabilmektedir.⁹



Şekil 1. Yapay zekâ ve dijital sağlık (Kaynak: WHO, 2019)

1900’lerde geliştirilen ve klinik alanda kullanılan karar destek sistemleri günümüzde yerini uzman tıbbi bilgi (uzman sistem) ve güçlü karar mekanizmalarına dayalı makine öğrenim yöntemlerine bırakmıştır.¹¹ Geleneksel programlama dillerindeki algoritma ve veri yapısına karşın yapay zekâ dilleri tanımlayıcı ve sembolik kurallar, ilişkilerden oluşan bilgi tabanı ve çıkarım mekanizması ile çalışmaktadır. Ayrıca, geleneksel programlama dillerine karşın yapay zekâ dilleri, kesin olmayan veri ile çalışabilmekte, kesin olmayan çıktılar sunabilmektedir. Sistem çalıştığına verilen hipotezleri test edip açıklayabildiği gibi, kendisi de yeni öneriler ileri sürebilmektedir.¹² Bunun yanında geleneksel istatistiksel analize göre yapay zekânın farkı, çok daha gelişmiş olması, yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verileri analiz etmek için veri madenciliği ve örüntü tanıma yeteneklerini kullanmasıdır.¹³

Dünyada yaklaşık dört milyar insan temel sağlık hizmetlerine erişim kısıtı yaşamaktadır. Sağlık çalışanlarının küresel açığının 2035 yılı itibarıyla 12,9 milyonu geçmesi öngörülmektedir. Yapay zekâ çözümleri, aşırı yüklenmiş sağlık sistemlerini özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde rahatlatmayı hedeflerken aynı zamanda, sağlıklı bireyler yaratmak, uygun maliyetli ve erişilebilir sağlık hizmetlerini sağlamayı amaçlamaktadır.¹⁴ Aslında özetle, yapay zekanın dijital sağlıkta temel amacı, ilgili bireyler ve kuruluşlar için avantajlar üretmektir. Yapay zekâ, sağlıkla ilgili bilgileri daha hızlı bir şekilde toplayabilmekte, işleyebilmekte, analiz edebilmekte ve sağlık alanındaki birden çok paydaşa (hastalara, hekimlere, hastanelere vb.) karar desteği sağlayabilmektedir.

2.1. Dünyada Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ

Sağlık kuruluşlarının varlığını idame ettirebilmesi ve rekabeti sürdürebilmesi için katlanması gereken maliyeti azaltıp, sunduğu hizmet ve tedavi kalitesini her geçen gün artırması gerekmektedir. Bu kapsamda

sağlık kuruluşlarında maliyet azaltarak kaliteli sağlık hizmeti sunumu sağlayan bazı yapay zekâ uygulama örnekleri aşağıda yer almaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Centerstone Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan çalışmada yapay zekâ teknolojisi ile hastalara tanı koymanın, geleneksel tanı koyma yöntemlerine göre maliyet olarak çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, rasgele seçilen yaklaşık 500 hastanın fiziksel bulguları ve hastalıklarına ait sonuçları yapay zekâ algoritmaları ile kıyaslanmıştır. Yapılan çalışmaya göre, birim başına düşen maliyetlere bakıldığında anlamlı farklar olduğu ortaya konulmuştur. Yapay zekâ uygulamaları ile sağlık tesisine 189 dolar maliyet çıkarken, geleneksel yöntemlerin maliyetinin 497 dolar olduğu görülmüştür.¹⁵

Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Montefiore Health System ve Intel bilişim firması hastalara daha etkin bir sağlık hizmeti sunabilmek ve hastalara ait ortak modelleri araştırmak için yapay zekâ çözümleri ortaya koymuşlardır. Bu sayede, insan faktöründen kaynaklanan hataların minimize edilmesi, ilaç dozlarını hesaplarken yapılan yanlışlıklardan kaynaklı ilaç israfı ve hastalara önerilen ve uygulanan yanlış tedavi sonucunda meydana gelen maddi ve manevi zararların engellenmesi sağlanmıştır.¹⁶

Dünyada bilinen bir yapay zekâ sistemi olan IBM Watson, makine öğrenmesi, veri madenciliği ve doğal dil işleme gibi özellikleriyle hekimlerin hastalarına ait elektronik sağlık kayıtlarını incelemelerine, bir hastalıkla ilgili akademik yayınlara erişmeye ve hastalık ile ilgili dokümanları incelemelerine yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Hindistan'da yapılan bir çalışmada, meme kanseri olan 638 hastaya Watson onkoloji sistemi tarafından önerilen tedavi tavsiyelerinin bu alanda çalışan tümör tespit kurulu tarafından önerilen tedaviler ile %90 oranında benzerlik olduğu ve zamandan büyük ölçüde tasarruf sağlandığı görülmüştür. Bu kapsamda araştırmacılar, öneriler oluşturmak için verileri toplamak ve analiz etmek için manuel yöntem ve Watson sistemini kullanmış ve ikisinde de geçen süreyi karşılaştırmışlardır. Manuel yaklaşımın ortalama 20 dakika sürdüğü ve bu sürenin hekimler tarafından daha fazla aşinalık kazandıktan sonra ortalama 12 dakikaya düştüğü ortaya konulmuş, Watson'ın ise verileri analiz etmesi ve bir tedavi önerisi sunmasının yalnızca 40 saniye sürdüğü görülmüştür.¹⁷

Günümüzde lokasyon bağımsız hekimin yapay zekâ desteği ile gerçekleştirdiği ameliyatlar artmaktadır. Bu kapsamda robotlar, cerrahlara yardımcı sistemler olarak çeşitli ameliyatlarda görev almaktadırlar. Da Vinci robotik cerrahi sistemi bu kapsamda hekimler tarafından sıklıkla tercih edilen sistemlerdendir. Bu sayede hekim veya hastanın zaman ve ulaşım maliyetleri minimize edilmektedir.

Araştırma laboratuvarlarında araştırma sürecinden başlayıp hastalara sunulmasına kadar ilaç geliştirme süreçleri çok yüksek maliyetlere sahip olmakla birlikte süreçler çok uzun sürmektedir. California Biyomedikal Araştırma Birliği, bir ilacın araştırma laboratuvarından hastaya temininin yaklaşık olarak 12 yıl sürdüğünü ifade etmektedir. İlaç üretimi kapsamında klinik öncesi test süreçlerine başlanan ilaçların yalnızca küçük bir bölümüne insan kullanımı için onay verilmektedir. Buna ek olarak, araştırma laboratuvarlarında hastaların kullanımına sunulmak üzere yeni bir ilacın geliştirilmesi için bir ilaç firmasının yaklaşık olarak 359 milyon ABD doları harcaması gerekmektedir.¹⁸

Yapılan bir diğer çalışmada, 10 adet tanı ve tedavi sonuçlarını yansıtan gelecek vaat eden yapay zekâ uygulaması araştırılmış ve 2026 yılına kadar ABD'de sağlık hizmetleri bakımı kapsamında yıllık yaklaşık 150 milyar dolar tasarruf sağlanabileceği tespit edilmiştir. Bu uygulamalar içinde, robotik cerrahi sistemi ile yıllık 40 milyar dolarlık tasarruf sağlanacağı, sanal hemşirelik asistanları ile yıllık 20 milyar dolarlık tasarruf sağlanacağı, hastalara verilecek ilaçlarda doğru dozun belirlenmesini sağlayan uygulama ile yıllık 16 milyar dolarlık ve radyolojik görüntüler üzerinden hastalık teşhisi ile yıllık 3 milyar dolarlık tasarruf sağlanacağı belirtilmektedir.¹⁹

Tektaş'ta bulunan Metodist Araştırma Enstitüsü'nde çalışan bilim insanları meme kanseri riskini hesaplamak için yapay zekâ temelli bir uygulama geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu uygulama, hastalara ait mamografi görüntülerini kullanarak milyonlarca kaydı gözden geçirmekte ve meme kanseri riskini tespit edebilmektedir. Uygulamayı geliştiren araştırmacılar 500 hastaya ait mamografi ve patoloji raporlarını değerlendirmek için yapay zekâ uygulamasını kullanmışlardır. Araştırma kapsamında geliştirilen yapay zekâ uygulamasının %99 oranında bir doğruluk ile bir hekimden 30 kat daha hızlı bir şekilde teşhis yapabildiği ortaya konulmuştur.²⁰ Bu da dolaylı olarak hekim sayısının az olduğu sağlık kuruluşlarında maliyet etkin bir çözüm olacaktır.

Çin'de geliştirilen bir yapay zekâ uygulaması ise komadaki bir hastanın ne zaman uyanacağına tespitinde kullanılmıştır. Bu kapsamda 19 yaşında bir hasta üzerinde uygulanan yazılım, doktorların aksine bu hastanın uyanacağını tahmin etmiş ve buna göre uyanacağı zamanı da tahmin ederek uyandığında zaman kaybetmeden yapılacak işlemleri belirlemiş, kaynakların doğru ve zamanında kullanımını sağlamıştır.²¹

GlaxoSmithKline (GSK) şirketi, İskoçya'da bulunan yapay zekâ alanında faaliyet gösteren şirket Exscientia'ya yeni ilaçlar üretmesi kapsamında yaklaşık 43 milyon dolara yakın bir bütçe ayırmıştır. Bu sayede ilaç geliştirme maliyet ve süresinde %75'lik bir azalma gerçekleşmiştir. Forbes dergisinde, Çin'de 2015 yılı ile 2017 yılında ortaya çıkan akciğer kanseri vakaları karşılaştırılmış ve bu kapsamda 2015 yılına göre 2017 yılında 70 binden fazla yeni vaka olduğu tespit edilmiştir. Çin'de bulunan Shanghai Changzheng Hastanesi'ndeki radyologlar BT (Bilgisayarlı Tomografi) görüntüleri üzerinden akciğer kanseri teşhisinde doğru tanıyı koyabilmek adına kendilerine yardımcı olacak bir yapay zekâ uygulaması kullanmaktadırlar.¹⁸

İrlanda'da bulunan Dublin'deki 205 yataklı Özel Mater Hastanesi, radyoloji birimindeki sorunlara çözüm aramış ve bu kapsamda yapay zekâ teknolojisi kullanarak hastanenin bir dijital ikizini oluşturmuştur. Dijital İkiz'in Mater Özel Hastanesi için verdiği tavsiyeler sonucu BT çekimi için hasta bekleme süresinde 13 dakika azalma, MRI (Magnetic Resonance Imaging) çekimi için ise 25 dakika azalma sağlanmış aynı zamanda MRI kapsamında her gün 50 dakika fazla mesai yapılarak, personel giderleri azaltılmış ve yıllık 9500 Euro tasarruf elde edilmiştir.²²

2.2. T.C. Sağlık Bakanlığı Yapay Zekâ Uygulamaları

Yapay zekâ tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de birçok sektörde adı sıkça duyulmaya başlayan bir teknoloji olmuştur. Özellikle sağlık sektöründe T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından yapay zekâ temelli birçok uygulama hayata geçirilmiş ve geçirilmeye devam etmektedir. Bu kapsamda T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından maliyetleri azaltarak kaliteyi önemli ölçüde artıran yapay zekâ temelli devreye alınan ve alınması planlanan uygulamalar yaygınlaşmaya başlamıştır.

Yapay zekâ son dönemlerde özellikle olağanüstü bulaşıcı hastalık yönetiminde sağlık otoriteleri tarafından tercih edilmektedir. Korona Önlem Uygulaması, Dünya Sağlık Örgütü'nün küresel çapta Koronavirüs pandemisi olarak ilan etmesi ve Türkiye'de ilk vakanın görülmesinden hemen sonra T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından devreye alınmış ve tüm vatandaşların kullanımına sunulmuş bir yapay zekâ uygulamasıdır. Bu uygulama koronavirüs (COVID-19) semptomlarına göre ön değerlendirme yapmak ve yapılan bu ön değerlendirmeye göre vatandaşların bir sağlık tesisini ziyaret etmesini tavsiye etmek üzere geliştirilmiş bir uygulamadır. Bu uygulama sayesinde vatandaşlara hastalığa ilişkin detaylı sorular yönlendirilmekte, Bilim Kurulu tarafından onaylanmış algoritmalar ile kişilerin kendilerini riskli hastalık ve belirtiler üzerinden değerlendirmeleri sağlanmaktadır.²³

Benzer şekilde COVID-19 teşhisinde hekimlere yardımcı olması amacı ile T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından geliştirilen bir yapay zekâ uygulaması ile BT görüntüleri kısa süre içerisinde sınıflandırılarak hekime COVID-19 teşhisi kapsamında fikir vermesi amaçlanmıştır. Sınıflandırılan hastalığın yanı sıra, tutulumların akciğerde

hacimsel olarak kapladığı alan yüzdesel olarak gösterilmekte ve ısı haritası oluşturulmaktadır. Bu kapsamda hastanın BT görüntüsüne göre Pnömoni, COVID-19 Pozitif ve COVID-19 negatif olma durumları tespit edilmektedir.²⁴ Sistem öğrenme sürecinde olup başarı oranının artırılması için çalışmalar devam etmektedir. Bu ve benzeri karar destek sistemlerinde temel hedef hekimin doğru tanı koymasını kolaylaştırmak ve olası karar mekanizmasını etkileyebilecek karıştırıcı faktörleri elimine etmektir.

Türkiye’de her 100 kişiden 6’sı yanlış branşa başvuru yapmaktadır. Bu sebeple geliştirilen Neyim Var Uygulaması, hastaların yanlış branşa gitmelerini önlemek ve etkin tedaviyi en kısa sürede hastalara sağlamak amacı ile T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından Eylül 2021’de devreye alınmış bir diğer yapay zekâ uygulamasıdır. Uygulamaya giren hastalar, şikâyetlerini üç boyutlu insan modeli üzerinde seçim yaparak belirtebilmekte ve bir sonraki aşama olan soru bölümüne geçebilmektedirler. Bu bölümde hastaların vermiş oldukları cevaplar, önceden geçirmiş olduğu rahatsızlıklar ve tahlil sonuçları yapay zekâ tarafından değerlendirilerek olası tanılar ve randevu alması gereken poliklinikler hastalara sunulmaktadır. Bu kapsamda devreye alınan Neyim Var uygulaması 10 milyondan fazla kişi tarafından kullanılmıştır.²⁵ Türkiye’de her gün yaklaşık iki milyon kişinin muayene olduğu ve bunların yüzde altısının yanlış branşa randevu aldığı düşünüldüğünde, her gün 120 bin kişinin yanlış branşa gitmesi engellenerek tedavi süreci hızlanacak, gereksiz hastane ziyaretleri ve bulaş azalacak ve sağlık finansmanına ciddi bir katkı sağlanacaktır. Özellikle sağlık okur yazarlık düzeyi düşük olan bireylerin semptomlarına göre doğru hekim ve klinik bölümü seçmesi şansını artıracaktır.

Bir başka yapay zekâ örneği, mamografi görüntülerinde lezyon ve kalsifiye alanların yapay zekâ yardımıyla tespit edilmesi amacı ile T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından geliştirme süreci devam eden mamografi CAD uygulamasıdır. Bu kapsamda Dijital MLO (mediolateral) ve CC (kraniokaudal) mamografi görüntülerindeki kalsifiye alanların ve lezyonların sistem tarafından işaretlenmesi mümkün olabilecektir.²⁴

Kamu özel iş birliği modeli ile hayata geçirilen şehir hastanelerinde hizmet kalitesini artırmak amacı ile görüntü işleme ve doğal dil işleme (NLP) teknolojileri yardımı ile T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından birtakım çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda şehir hastanelerinde hizmetlerle ilgili taleplerin iletildiği yardım masası hizmeti kapsamında IVR (Interactive Voice Response) kullanılarak sağlık personeline yapay zekâ sistemi ile destek verilmesi sayesinde hizmet kalitesinin en üst seviyeye çıkarılması planlanmaktadır.

2021 yılında düzenlenen Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali Teknofest’te ilk defa sağlıkta yapay zekâ yarışması düzenlenmiştir. Söz konusu yarışmaya 225 yarışmacı katılım sağlamıştır. Bu kapsamda yarışmacılardan, verilen BT görüntülerinde inme olup olmadığının inme ise bunun iskemik mi yoksa hemorajik tip mi olduğunu yapay zekâ çözümleri ile tahmin etmeleri istenmiştir. İnme, dünya çapında 500 milyondan fazla insanı etkileyen yaygın ve sık görülen bir hastalıktır. Avrupa ve Amerika’da ilk sıralarda yer alan ölüm nedenidir. İnme, dünya genelinde yaklaşık 689 milyar ABD Doları tutarında tıbbi harcamaya mal olmuş ve ülkelere ve ailelere ağır bir yük getirmiştir.²⁶ Bu nedenle inmenin önlenmesi ve tedavisine yönelik araştırmalar büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, inme ile ilgili çalışmalarda yapay zekâ teknikleri giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. T.C. Sağlık Bakanlığı da bu kapsamda çalışmalarına devam etmektedir. Çalışma devreye alındıktan sonra yapay zeka sistemi hekime karar süreçlerinde destek sağlayacaktır.

2.3. Yapay Zekanın Potansiyel Eksileri

Her ne kadar yapay zekanın sağlık alanında kullanımı ile ilgili literatür ve medyada ilk akla gelen avantajları olsa da tanı ve tedavide insan odaklı karar verme ve uygulama bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Özellikle küresel anlamda insanoğlu için bir tehdit unsuru olarak algılanabildiği sıklıkla gündeme gelmektedir. Bunun dışında tamamen dijitalleşmiş tanı, tedavi ve cerrahi prosedürlerde işgücünün yerini doldurması insanlığın gelecekte yaşayabileceği iş kaybını da artırabilmektedir. Bununla beraber bilişsel ve

bedensel açıdan daha az aktif bireylerin daha fazla dinlenmesi ve daha az çalışması psikolojik, nörolojik ya da kas-iskelet hastalıklarını beraberinde getirebilir. Teknolojik bağımlılık şüphesiz günümüzün kitlesel etkisi yüksek olan önemli sorunlarından biridir. Bu bağlamda teknolojinin yaratabileceği sosyal izolasyon, öz benlik saygısının düşmesi, fiziksel temasın azalması (Örneğin tamamen yapay zeka tabanlı bir muayenede hastanın sadece dijital ortamda şikayetlerini dile getirmesi psikolojik ve sosyal anlamda hastayı tatmin etmeyecektir). Bunun dışında yapay zekanın kodlama aşamasında olası hatalar, teknolojinin pahalı ve güncelleme zorluğunun olması ve ölçüm hata payı ve etik ihlaller yapay zekanın olası dezavantajlarıdır.

Yapay zeka sistemleri genellikle büyük miktarda veri kullanmaktadır. Bu veriler kişisel veya hassas bilgiler içerebilmektedir. Veri gizliliği ve güvenliği sorunları açısından bakıldığında verinin gizliliği ve güvenliği sağlanmadığında, kötü niyetli kişiler veya kuruluşlar bu verilere erişebilir ve farklı amaçlar için kullanılabilir.

Yapay zeka sistemleri, eğitildiği verilere dayalı olarak kararlar almaktadır. Eğer eğitim verilerinde çeşitlilik eksikliği varsa veya önyargılı veriler kullanılıyorsa, yapay zeka sistemleri de bu önyargıları öğrenebilir ve çoğaltabilir. Örneğin, bir sağlık tesisinde işe alım sürecinde kullanılan bir yapay zeka sistemi, cinsiyet veya etnik köken gibi faktörlere dayalı olarak adaletsiz kararlar verebilir.

Yapay zekanın bir diğer potansiyel eksisi ise insanlarla etkileşimde bazen anlaşılmayan veya yanlış anlaşılan cevaplar verebilmesidir. Özellikle duygusal veya psikolojik destek amaçlı kullanıldığında, yapay zeka sistemlerinin insanlarla sağlıklı iletişim kurma yeteneği sınırlı olabilmektedir. Ayrıca yapay zeka sistemlerine aşırı güvenmek veya onların kararlarını tamamen kabul etmek riskli olabilmektedir. Bu durum, hekimlerin veya sağlık profesyonellerinin kendi klinik deneyimlerini veya sağlık görüşlerini göz ardı etmelerine neden olabilir.

Sahiplik ve etik konular açısından bakıldığında ise gelişmiş yapay zeka sistemi yaratmak, fikri mülkiyet ve etik sorunlarını da beraberinde getirebilir. Yapay zeka modelleri, yetersiz veya hatalı eğitim verileri üzerinde çalıştığında yanlış teşhisler veya tedavi önerileri sunabilir. Bu durum da hastaların sağlığının riske atılmasına sebebiyet verebilir. Örneğin bir hekime tanı sürecinde yardımcı olan bir yapay zeka çözümü eğer tanıyı yanlış belirlerse burada kimin yapay zeka sisteminin sahibi olduğu, kimin bu sistemleri denetlediği veya kimin sorumlu olduğu konuları henüz net değildir. Bu sebeple öncelikle kişisel sağlık verilerini işlerken bu verilerin nasıl kullanılacağı, saklanacağı, paylaşılacağı ve sorumluluğun kimde olacağı konularında uluslararası etik standartların belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bir diğer potansiyel eksisi ise yapay zeka destekli cerrahi robotların kullanımınıdır. Bu tür teknolojiler cerrahi işlemleri daha hassas hale getirebilirken aynı zamanda hastaların güvenliği ve operasyonun sonuçları konusunda da etik endişeleri beraberinde getirmektedir. Bu nedenle uluslararası etik kodlar bu tür robotların eğitimi, denetimi ve kullanımı ile ilgili yönergeleri içermelidir.

Bir diğer örnek ise yapay zeka tabanlı genetik danışmanlık sistemleridir. Bu sistemler kişilerin genetik verilerini analiz ederek sağlık risklerini tahmin edebilmektedir. Ancak bu tür sistemlerin kullanımı genetik gizlilik, ayrımcılık ve kişisel veri güvenliği gibi etik sorunları gündeme getirmektedir. Uluslararası etik standartlar genetik danışmanlık alanında yapay zekanın kullanımının sınırlarını ve veri koruma prensiplerini belirlemelidir.

Yapılan bazı araştırmalar da sağlık alanında yapay zekanın bazı negatif yönleri olduğunu desteklemektedir. Jara tarafından 2018 yılında yapılan bir çalışmada yapay zekâ her ne kadar ileri bir noktaya gelmiş olsa da bir insanın sahip olabileceği yeterli duygusallık, sezgi ve yaratıcılık seviyesinde olamayacağı belirtilmiştir.²⁷ Khanzode ve arkadaşları da 2020 yılında yapay zekanın kullanımında bazı dezavantajlardan bahsetmişlerdir. Bunların başında; program uyumsuzluğu, işsizlik sorunu, teknolojik bağımlılık, işgücünün yerini alması ve yaratıcılığın programcının yaratıcılığı ile sınırlı olması gelmektedir.²⁸ Bir başka çalışmada, yapay zekanın

yalnızca planlanan görevleri yerine getirebileceği, rutin dışında bir durum ile karşılaştığında yanlış sonuç verme ve çökme eğilimine gireceği ve kullanım standartlarında sorunlar ortaya çıkabileceği belirtilmiştir.²⁹ Bunun dışında tıp etiği alanında aydınlatılmış onam sürecinde otonomiye tehdit edebileceği, zararın engellenmesi ilkesine yönelik hataların ortaya çıkabileceği ve güvensiz sonuçlara yol açabileceği, adalet konusunda ırklar, cinsiyetler ve sosyal güvence türleri arasında anlamlı fark olabileceği mahremiyet ve veri gizliliği için riskli olabileceği etik biliminin ilgi odağı olmuştur.³⁰⁻³⁵

3. Sonuç

Sağlık hizmetleri küresel olarak düşünüldüğünde tüm ülkeler için Gayri Safi Milli Hasılda önemli bir paya sahiptir. Teknoloji ve bilişim sistemlerinin hızla gelişmesi ve artan rekabet sağlık sektörünü de harekete geçirmiştir. Özellikle enerji, iklim, ulaşım alanında sıkça kullanılmaya başlanan yapay zekâ teknolojisi sağlık alanı da dâhil olmak üzere dünyanın en büyük sorunlarından bazılarının çözülmesine ciddi ölçüde katkı sağlamaktadır.³⁶ Sağlık alanında yapay zekâ teknolojisi kullanımı sağladığı faydalar sebebi ile etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Yapay zekânın sağlık hizmetlerinde kullanımı birçok süreci hızlandırmakla birlikte idari ve klinik süreçlerde maliyetleri de önemli ölçüde düşürmektedir. Özellikle teşhis ve tedavi süreçlerinde hekimlere fikir vermekte ve hekimlere destek sağlamaktadır.

Yapay zekânın sağlık alanında uygulanması hekimlere tanı koymada, hastalıkların takip edilmesinde, sınıflandırılmasında, karar vermede, tedavi seçenekleri ve öneride bulunmada yardımcı olabilmektedir. Örneğin, yapay zekâ tabanlı yöntemler, hekimlerin bir hastalığı geleneksel yöntemlerden daha hızlı bir şekilde iyileştirmesine yardımcı olabilmekte, kanser teşhisindeki hataların azaltılmasını sağlayabilmekte, hastaların semptomlarını dinleyerek hastalığın tedavisinde rehberlik edebilmekte, BT görüntülerini teşhis ederek otomatik tıbbi raporlar üretebilmektedir. Sağlık hizmeti sunumundan hekimler ve diğer sağlık çalışanları sorumlu olduğundan yeni teknolojileri benimsemeleri ve kullanmaları giderek daha fazla beklenmektedir. Bu nedenle sağlık hizmeti sağlayıcılarının, sağlık hizmetlerinde yapay zekânın kullanımına ilişkin temel hususlar veya riskler konusunda bilgilendirilmesi gerekmektedir.

Elbette böylesine pahalı ve karmaşık teknolojilerin yer aldığı sağlık sektöründe bu teknolojiler şüphesiz etkili tanı ve tedavi, hata ve maliyetleri azaltma, doğru karar verme, emek ve zaman tasarrufu gibi avantajlar sağlarken öte yandan teknolojiye yapılan yatırımın maliyeti ve teknolojinin atıl kalması gibi bir takım çözümlenmesi gereken sorunları da beraberinde getirebilir. Teknolojiye bağlılık noktasında, özellikle diğer ülkelerden transfer edilen gerek bilgi gerek klinik teknolojiler için ithalat, telif, kalibrasyon, satış sonrası hizmetler, lisanslama noktalarında aşırı maliyet ve dışa bağımlılığa da yol açabilmektedir. Bu nedenle ülke içinde gerekli altyapının sağlanıp teknolojik araştırma ve geliştirmeye dayalı yatırımlar bu bağımlılığı azaltmaya yardımcı olacaktır. Aynı zamanda ülke içinde geliştirilen yeterli sayıda ve kullanılabilir patentli teknolojiyi üretmeyi de destekleyecektir. Dolayısıyla yerli üretim ile desteklenen sektörün karşılaştığı teknolojik yatırım ve yönetim maliyeti de düşecektir. Bunun yanında sağlık sektöründe her alanda kullanılan teknolojilerin değerlendirilmesi, yönetimi ve devamlılığının sağlanması ise yeterli nitelik ve nicelikte insan gücünün yetiştirilmesi ile olanaklıdır. Aksi durumda rasyonel olmayan teknoloji transferleri kaynak israfına ve atıl teknoloji kapasitesine yol açabilmektedir.

Bilgi teknolojilerine ya da klinik teknolojilere yapılan yatırımların etkililik, güvenlik ve maliyet açısından bilimsel ve sistematik araçlar ile değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sayede teknoloji kullanımına yönelik kısa, orta ve uzun vadeli strateji ve politikalar oluşturulmuş olacaktır. Ayrıca teknolojiler değerlendirilirken multidisipliner bir bakış açısını sağlamak üzere etik, istatistik, halk sağlığı, sosyoloji, psikoloji ve sağlık yönetimi gibi alanlar ile ortak çalışmalar yapılmalıdır. Farklı sağlık sistemi aktörlerinin görüşü alınmalı ve teknolojinin kabulü konusunda kullanıcı katılımına dayalı karar mekanizmaları geliştirilmelidir. Örneğin yapay zekâ uygulamalarının sağlık hizmetleri sunumunda rol alan sağlık çalışanları tarafından yüksek kabul

gerektirmektedir. Teknoloji kabulü konusunda geliştirilen kuram ve uygulamalar kabulü etkileyen her türlü çevresel, sosyo demografik, bireysel ve yasal unsurları detaylı şekilde açıklamaktadır. Bu nedenle yalnızca yapay zekâ değil herhangi bir teknolojinin entegrasyonunda da kabul ve kullanım araştırmaları yapılmalıdır.

ABD ve Çin gibi ülkelerde yapay zekâyâ önemli ölçüde yatırım yapılmakta ve büyük miktarda veriden yararlanılmaktadır. Bu kapsamda Türkiye de son dönemde özellikle Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi Başkanlığı ile Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı iş birliğinde ve ilgili tüm paydaşların etkin katılımıyla hazırlanan 2021/18 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi 20/08/2021 tarihli ve 31574 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025" ile yapay zekâyâ yatırım yapılmasının ve yapay zekânın kullanımının önemine vurgu yapmıştır.

Deloitte tarafından 2018 yılında Amerika'da 1100 yönetici üzerinde yapılan bir araştırmada yöneticilerin %63'ünün makine öğrenmesi kullandığı ortaya konulmuştur. Benzer şekilde, 2000 yılında ABD'de onaylanan cerrahi robotlar, cerrahlara "süper güçler" sağlayarak görme, hassas ve minimal invaziv kesiler oluşturma, yaraları dikme vb. konularda jinekolojik, cerrahi, ortopedi gibi alanlarda yaygın kullanım alanı yaratmaktadır.³⁷ Bu anlamda sağlık profesyonellerinin ikamesi olmak yerine onların tanı, tedavi ve girişimsel hizmetlerini desteklemek ve tıbbi süreçlerde yardımcı olmak adına yapay zekânın ve diğer klinik teknolojilerin varlığından söz edilebilir. Yapılan çoğu araştırmada özellikle ameliyat etkinliği (lazerli göz ameliyatları, laparoskopik ameliyatlar vb.), süre avantajı, hassas çalışma imkânı ya da komplikasyon minimizasyonu gibi avantajlar yapay zekâ ve diğer akıllı teknolojiler ile birlikte daha ulaşılabilir olmaktadır.

Diğer bilgi ve klinik teknolojiler ile birlikte yapay zekâ ve big data (büyük veri) kombinasyonu, geleceğimiz üzerinde derin etkilere sahip olma potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler daha yaygın ve sağlık hizmetlerine entegre hale geldikçe, sağlık uzmanlarının rolünün de değişime uğrayabileceği düşünülmektedir. İlerleyen zamanlarda yapay zekâ, tıbbi teşhiste insanların yerini alacak mı? Sağlık uzmanlarının gelecekteki rolü vaka yönetimine mi kayacak ve böylece tarama, tespit ve tanılama akıllı makinelerin alanı haline mi gelecek gibi sorular zaman içinde daha sık gündeme gelecektir.³⁸ Ancak yapay zekânın hekimin yerine geçemeyeceği yardımcı bir unsur olarak modern tıpla bütünleştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Çünkü doktor hasta ilişkisinin tedavi edici değerinin, akıllı makinelerin yerini dolduramayacağı kadar güçlü bir ilaç olduğuna inanılmaktadır.² Özellikle sözel, dokunsal, işitsel ve duygusal paylaşımın oldukça önemli olduğu sağlık hizmetleri sunumunda aktif rolü tamamıyla dijital teknolojilere yüklemenin kabul edilemez olduğu aşikardır.

Yapay zekâ odaklı bir sağlık sistemi oluşturmak için bilgilendirilmiş rızanın, yüksek düzeyde veri korumanın ve mahremiyetin, siber dayanıklılığın, siber güvenliğinin, algoritmik adaletin, yeterli düzeyde şeffaflığın ve düzenleyici gözetimin ve yüksek güvenliğinin temel faktörler olduğu unutulmamalıdır. Bu bağlamda, mevcut düzenleyici çerçeveler gözden geçirilerek sürekli yeni teknolojik gelişmelere göre sürecin güncellenmesi önem arz etmektedir. Sağlık hizmetlerinde yapay zekânın etik ve yasal bir şekilde uygulanmasını sağlamak için yapay zekâ uzmanları, hastalar, klinik ekipler, sağlık hizmeti yöneticileri ve düzenleyici otoriteler de dâhil olmak üzere tüm paydaşların birlikte çalışması çok önemlidir. Ortak bir vizyona sahip olabilmek için paydaşların, yapay zekanın sağlık hizmetlerine entegre edilmesinin faydaları, riskleri ve fırsatları konusunda bilgilendirilmeleri gerekmektedir.

Dünya örneklerine bakıldığında genellikle hastane bazlı veya bir lokasyon bazlı hizmet veren yapay zekâ uygulamaları Türkiye'de tam aksine ulusal ölçekte hizmet vermekte ve her geçen gün yeni uygulamalar geliştirilmektedir. Bu kapsamda özellikle yayımlanan "Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025" göz önünde bulundurulduğunda önümüzdeki dönemlerde de yapay zekânın artan bir ivmeyle sağlık hizmetleri kapsamında hayatımızda yer alacağı kaçınılmazdır.

Yine bu noktada önemli bir unsur, teknoloji ve teknolojinin bileşenlerinden biri olan yapay zekâ uygulamalarının toplumun sosyo kültürel ve etik değerleri, hasta hakları ve mevcut yasal düzenlemeler ile uyumlu olması, denetlenmesi ve yürütülmesi gerekliliğidir. Hasta mahremiyeti ve bilgi güvenliği dijital ortamlarda oldukça hassas ve korunması gereken bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır. Bu konuda ülke ve dünya genelinde paydaşlar tarafından oluşturulacak etik kodlar mahremiyet, gizlilik ve bütünlüğü sağlamada temel oluşturacaktır.

Bu makalede, dünyada ve Türkiye’de sağlık alanında yapay zekânın kullanıldığı alanlardan ve etkilerinden bahsedilmiştir. Buna göre, yapay zekâ ile sağlık hizmetleri maliyetlerinde azalma olması, teşhis ve tedavi sürecinde ise daha etkili ve hızlı sonuçların ortaya konulması olasıdır. Bu nedenle yapay zekâ ve benzeri teknolojilerden yararlanılmasının kaçınılmaz olduğu değerlendirilmektedir.

Bilgi

Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmacı Katkı Oranı Beyanı

Gamze Yorgancıoğlu Tarcan: Danışmanlık, kaynak taraması, makale yazımı, eleştirel inceleme.

Pınar Yalçın Balçık: Fikir, tasarım, analiz ve yorum, makale yazımı.

Nihat Barış Sebik: Veri toplama ve işleme, kaynak taraması, makale yazımı.

Kaynaklar

1. Jiang F, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology* 2017;2:230-243.
2. Uzun T. Yapay Zeka ve Sağlık Uygulamaları. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İktisai ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 2020;3(1):80-92.
3. Pai VV, Pai RB. Artificial intelligence in dermatology and healthcare: An overview. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology* 2021;87(4):457-467.
4. Tran BX, et al. Global evolution of research in artificial intelligence in health and medicine: A Bibliometric Study. *Journal of Clinical Medicine* 2019;8(3):360.
5. Ramesh AN, et al. Artificial intelligence in medicine. *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 2004;86(5):334.
6. Çalışkan SA, ve ark. Sağlık Çalışanları Yapay Zekaya Hazır Mı? *Sağlık Bilim Yapay Zeka Dergisi* 2021;35.
7. Walsh T, et al. The effective and ethical development of artificial intelligence: an opportunity to improve our wellbeing. (Australia): Australian Council of Learned Academies; 2019.
8. Globenewswire.com [Internet]. Global Artificial Intelligence AI Market [Cited: 10 July 2023]. Available from: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/10/27/2321714/0/en/Global-Artificial-Intelligence-AI-Market-to-Reach-US-291-5-Billion-by-the-Year-2026.html>.
9. Alonso RG, Thoene U, Benavides DD. Digital health and artificial intelligence: advancing healthcare provision in latin america. *IT Professional* 2022;24(2):62-68.
10. WHO guideline: Recommendations on digital interventions for health system strengthening. Geneva: WHO, 2019.
11. Dicuonzo G, et al. Healthcare system: Moving forward with artificial intelligence. *Technovation* 2023;120:102510.
12. Bilge U. 4. Tıp Bilişimi Derneği Kongresi. Antalya: 2007. s. 113-118.
13. Reddy S. Use of Artificial Intelligence in Healthcare Delivery. In: Heston TF, editors. *eHealth - Making Health Care Smarter*. USA: Intecopen; 2018.
14. Isbanner S, et al. The adoption of artificial intelligence in health care and social services in australia: findings from a methodologically innovative national survey of values and attitudes (the AVA-AI Study). *J Med Internet Res* 2022;24(8):e37611.
15. Mesko B. *Tıbbın Geleceğine Yolculuk*. İstanbul: Optimist Yayın Grubu, 2018; 174-183.
16. Healthtechmagazine.net [Internet]. Intel AI Semantic Data Lakes Save Patients Lives Montefiore Health System. (2018). [Cited: 20 July 2023]. Available from: <https://healthtechmagazine.net/article/2018/09/intel-ai-semantic-data-lakes-save-patient-lives-montefiore-health-system>.
17. Somashekhar SP, ve ark. Double blinded validation study to assess performance of IBM artificial intelligence platform, Watson for oncology in comparison with Manipal multidisciplinary tumour board – First study of 638 breast cancer cases. *Cancer Research* 2017;77.

18. Büyükgöze S, Dereli E. Dijital sağlık uygulamalarında yapay zeka. VI. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi-Fen ve Sağlık, Ankara, 2019; 7-10.
19. Hbr.org [Internet]. Promising AI Applications in Healthcare, Harvard Business Review. (2018). [Cited: 13 June 2023]. Available from: <https://hbr.org/2018/05/10-promising-ai-applications-in-health-care>.
20. Wired.co.uk [Internet]. This AI Software Can Tell If You're at Risk From Cancer Before Symptoms Appear. (2016). [Cited: 10 May 2023]. Available from: <https://www.wired.co.uk/article/cancer-risk-ai-mammograms>.
21. Scmp.com [Internet]. Doctors said the coma patients would never wake AI said they would - and they did, South China Morning Post. (2018). [Cited: 17 May 2023]. Available from: <https://www.scmp.com/news/china/science/article/2163298/doctors-said-coma-patients-would-never-wake-ai-said-they-would>.
22. Siemenshealthineers.com [Internet]. Siemens Healthineers. (2018). [Cited: 17 May 2023]. Available from: <https://www.siemens-healthineers.com/perspectives/mso-digital-twin-mater.html>.
23. Birinci Ş. COVID-19 Salgınının Dijital Yönetimi. SD (Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü) Dergisi 2020;56:54-57.
24. Dijitalbiz.com [Internet]. Gelecekte Sağlığı Dijital Araçlardan Bağımsız Düşünemeyiz. (2023). [Cited: 10 September 2023]. Available from: <https://www.dijitalbiz.com/saglik-bakan-yardimcisi-dr-suayip-birinci-gelecekte-sagligi-dijital-araclardan-bagimsiz-dusunemeyiz/>.
25. Birinci, Ş. A Digital Opportunity for Patients to Manage Their Health: Turkey National Personal Health Record System (The e-Nabız). Balkan Medical Journal 2023;40(3):215.
26. Saenger AK, Christenson RH. Stroke Biomarkers: Progress and Challenges for Diagnosis, Prognosis, Differentiation, and Treatment. Clinical Chemistry 2010;56(1):21-33.
27. Jarrahi MH. Artificial intelligence and the future of work: Human-ai symbiosis in organizational decision making. Business horizons 2018;61(4):577-586.
28. Khanzode KCA, Sarode R D. Advantages and disadvantages of artificial intelligence and machine learning: A literature review. International Journal of Library & Information Science (IJLIS) 2020;9(1):3.
29. Bhbosale S, Pujari V, Multani Z. Advantages And Disadvantages Of Artificial Intellegence. Aayushi International Interdisciplinary Research Journal 2020;77:227-230.
30. Braun M, et al. Primer on an ethics of AI-based decision support systems in the clinic. J. Med. Ethics 2020;47:3
31. Liyanage H, et al. Artificial intelligence in primary health care: perceptions, issues, and challenges. Yearbook of medical informatics 2019;28(01):041-046.
32. Grote T, Berens P. On the ethics of algorithmic decision-making in healthcare. J. Med. Ethics 2020;46:205–211
33. McCradden MD, et al. Ethical concerns around use of artificial intelligence in health care research from the perspective of patients with meningioma, caregivers and health care providers: a qualitative study. Canadian Medical Association Open Access Journal 2020;8(1):E90-E95.
34. Chen IY, Szolovits P, Ghassemi M. Can AI help reduce disparities in general medical and mental health care? AMA J. Ethics 2019;21(2):E167–179
35. Petkus H, Hoogewerf J, Wyatt JC. What do senior physicians think about AI and clinical decision support systems: quantitative and qualitative analysis of data from specialty societies. Clin. Med. J. R. Coll. Phys. Lond. 2020;20:324–328
36. Marshall P. Algorithms and Artificial Intelligence. USA: CQ Researcher, 2018.
37. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. Future Healthc J 2019;6(2):94-98.
38. Benke K, Benke G. Artificial intelligence and big data in public health. Int. J Environ Res. Public Health 2018;15(12):2796.