

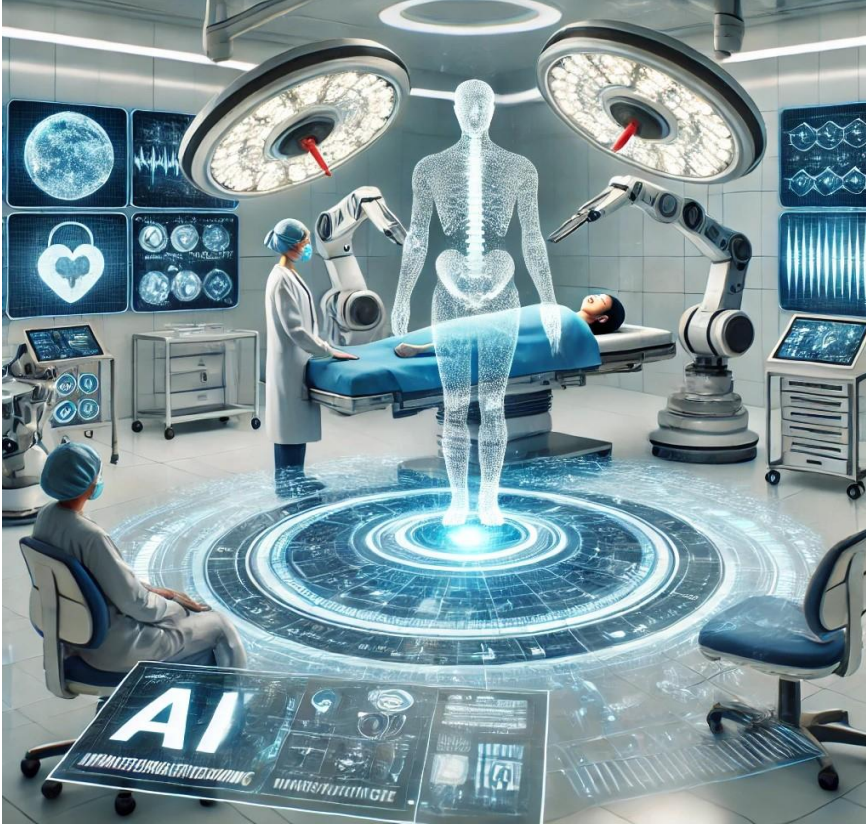
SAĞLIK HİZMETLERİNDE YAPAY ZEKA: GEÇMİŞTEN GELECEĞE

Pınar ÇOBANTÜRK,
e-posta: pinar_102@hotmail.com
Araştırma Görevlisi Doktor, Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi

Bekir Faruk ERDEN,
e-posta: farukerden@gmail.com
Prof. Dr. Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi

Yapay zeka (Artificial Intelligence, AI), sağlık bilimlerinde devrim yaratma potansiyeliyle dikkat çekmekte ve artan veri hacmi; gelişmiş hesaplama teknolojilerinin desteğiyle çeşitli tıbbi uygulamalarda giderek daha kullanışlı ve güvenilir bir araç haline gelmektedir. Sağlık sektöründe, tıbbi teşhislerden tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine, hasta verilerinin yönetiminden epidemiyolojik araştırmalara kadar geniş bir kullanım alanı bulan yapay zeka, özellikle görüntüleme teknolojileri ve genetik dizilim analizlerinde sağladığı ilerlemelerle daha hızlı ve doğru sonuçlar sunmaktadır. Kronik hastalıkların yönetimi ve kişiye özel tedavi planları gibi önemli sağlık hizmetleri alanlarında da katkılar sağlamakta olan bu teknoloji, ilaç keşfi süreçlerinde de büyük bir potansiyele sahiptir; ilaçların etkinlik ve güvenlik test süreçlerini hızlandırarak yeni ilaçların daha az maliyetle ve daha kısa sürede geliştirilmesine imkan tanımaktadır.

Yapay zekanın sağlık sektörüne entegrasyonu, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırabilir ve sağlık hizmetlerine erişimi genişletebilir. Bu nedenle, yapay zeka uygulamalarının etkin bir şekilde yönetilmesi ve geliştirilmesi, sağlık sektörünün geleceğini şekillendirecek önemli bir adımdır. Bununla birlikte, yapay zeka ile ilgili etik, mahremiyet ve veri güvenliği gibi konulara da dikkatli bir şekilde yaklaşılması gerekmektedir.



Bu makalenin amacı, yapay zekanın sağlık sektöründeki rolüne ve önemine genel hatlarıyla bir perspektif sunmaktır. İlk olarak, yapay zekanın tarihsel gelişimine ve sağlık alanındaki ilk uygulamalarına bir bakış sunulacaktır. Ardından, yapay zeka teknolojilerinin günümüzde sağlık hizmetlerinde nasıl kullanıldığı, bu teknolojilerin sunduğu avantajlar ve karşılaşılan zorluklar ele alınacaktır. Son olarak, yapay zekanın sağlık alanında gelecekte yaratabileceği dönüşümler ve bu dönüşümlerin potansiyel etkileri üzerinde durulacaktır. Bu şekilde, yapay zekanın sağlık hizmetlerinde nasıl bir devrim yaratabileceği ve bu devrimin genel halk sağlığına nasıl katkılar sağlayabileceği hakkında bir perspektif sunulması hedeflenmektedir.

Tarihsel Bir Bakış

Yapay zekayla ilgili ilk soru, 1950'lerde "Turing Testi" ile ortaya çıkmıştır. Alan Turing; basit bir soru sormuştu: insan yapımı bir cihaz, insanlarınkinden ayırt edilemeyecek şekilde hareket edebilir ve kararlar alabilir miydi? Bu ifade,dönemin araştırmacıları için üzerinde çalışılabilir iyi tanımlanmış bir hedefe dönüştü. Turing bu soruyu sormuştu, ancak yapay zeka kavramı;1956 Yaz Dartmouth Yapay Zeka Konferansı'nda tanımlandı. Bu konferans dünyanın önde gelen veri bilimcilerini, mühendislerini ve matematikçilerini bir araya getirdi. Yapay zekanın pratik uygulamaları için bir çerçeve oluşturma umuduyla fikir alışverişinde bulunmak ve birbirleriyle iş birliği yapmak için Dartmouth Üniversitesi'nde toplandılar. Bu uzmanların birçoğu yapay zekanın gerçekten mümkün olduğunu belirtmiş ve keskin bir

öngörüyle yapay zekanın bir gün insan zekasıyla rekabet edeceğini ve onu geçeceğini iddia etmiştir.

Yapay zekanın sağlık alanında ilk kullanımı, 1970'lerde Stanford Üniversitesi'nde geliştirilen MYCIN adlı uzman sistemle başladı. MYCIN, bakteriyel enfeksiyonları teşhis etmek ve uygun antibiyotik tedavilerini önermek amacıyla tasarlanmıştı. Bu sistem, enfeksiyon hastalıkları uzmanlarıyla yapılan kapsamlı çalışmalar sonucu oluşturulmuş yaklaşık 600 kuraldan oluşuyordu ve belirli bir enfeksiyon hipoteziyle başlayarak hastanın belirtilerini ve test sonuçlarını değerlendirerek doğru teşhisi bulmaya çalışıyordu.

MYCIN, kural tabanlı bir sistem olarak çalışıyordu ve enfeksiyonun türünü belirlemek için belirli bir dizi evet/hayır sorusu soruyordu. Bu sistem, teşhis sürecini şeffaf bir şekilde açıklayabiliyor ve doktorlara önerdiği tedavilerin mantığını sunabiliyordu. Bu özellik, doktorların sisteme olan güvenini artırmayı amaçlıyordu. MYCIN'in performansı, uzman doktorlarla yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda oldukça başarılı bulunmuş ve özellikle zor enfeksiyonların teşhisinde yüksek doğruluk oranlarına ulaşmıştı.

Ancak, **MYCIN hiçbir zaman gerçek dünyada pratik kullanıma geçmemiştir.** Bunun başlıca sebepleri arasında, o dönemdeki teknoloji ile sistemin entegrasyonunun zorlukları ve yasal sorumluluk konuları yer almaktadır. MYCIN, bir kullanıcıdan hastanın tüm bilgilerini manuel olarak girmesini gerektiriyordu ve bu süreç, o zamanki teknoloji ile oldukça zahmetliydi. Ayrıca, sistemin verdiği tavsiyelerle ilgili yasal sorumluluk konuları, doktorların ve hastanelerin bu tür sistemleri kullanmaktan çekinmelerine neden olmuştur. MYCIN'in başarısı, daha sonra geliştirilen CADUCEUS ve Internist-I gibi diğer tıbbi uzman sistemlerine de ilham kaynağı olmuştur .

CADUCEUS, 1980'lerin ortalarında tamamlanmış bir tıbbi uzman sistemidir. Bu sistem, Pittsburgh Üniversitesi'nden Harry Pople tarafından geliştirilmiş olup, kapsamlı iç hastalıkları teşhisi yapmak amacıyla tasarlanmıştır. CADUCEUS, MYCIN sisteminin mantığını genişleterek, sadece enfeksiyon hastalıkları yerine, iç hastalıklarının geniş bir yelpazesini kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır. Sistem, 1000'den fazla hastalığı teşhis edebilecek kapasitedeydi ve tıp alanında o zamana kadar geliştirilen en bilgi yoğun uzman sistem olarak tanımlanmıştır. CADUCEUS, uzman doktorlarla yapılan çalışmalardan elde edilen bilgilerle oluşturulmuş bir bilgi tabanına dayanıyordu.

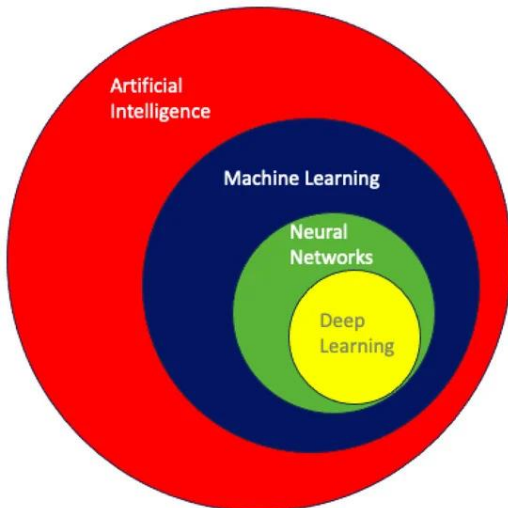
Internist-I: Internist-I, Pittsburgh Üniversitesi'nde 1970'lerin başında geliştirilmiş bir başka erken dönem tıbbi uzman sistemdir. Bu sistem, iç hastalıkları teşhisi için geliştirilmiş olup, 500'den fazla hastalığı teşhis edebilecek şekilde programlanmıştır. Internist-I, hastaların belirtilerini ve test sonuçlarını değerlendirerek olası hastalıkları öneren kural tabanlı bir sistemdi. CADUCEUS, Internist-I algoritmasına dayanan bir gelişmeydi ve daha karmaşık hastalıkların teşhisinde daha iyi performans gösterebilmek için ek mantıksal çıkarım yetenekleri eklenmişti.

Yapay zekanın modern dönemi 2000'lerin başında başladı ve yapay zekanın hem sağlık hizmetlerine hem de günlük insan yaşamına dahil olma konusunda en büyük sıçramalarından

bazılarını görüldü. International Business Machines Corporation, 2007 yılında Watson adlı bir soru cevaplama sistemi oluşturdu ve bu sistem *Jeopardy adlı* televizyon programında en iyi yarışmacıları geride bırakmayı başardı. Bu sistem, farklı alanlardan gelen verileri analiz etmek ve bir cevaba ulaşmak için çok çeşitli kaynaklardan bilgi çıkarmak için dil işlemeyi kullanan DeepQA'yı kullandı. Bu durum, sağlık hizmetleri alanında yapay zekanın uygulamalarını genişletme imkanı sundu, çünkü artık girdilerin semptomlarla sınırlı olmaması ve çıktılarının klinik tanıları aşan daha karmaşık bilgiler olabileceği anlamına geliyordu. Örneğin, 2017'de Watson sistemi, amiyotrofik lateral skleroz (ALS) ile ilişkili RNA bağlayıcı proteinleri başarıyla belirleyebilmiş, bu da sağlık hizmetlerinde yapay zekanın potansiyelini artırmıştır. Bu ilerlemelere ek olarak, 2015 yılında geliştirilen Pharmbot gibi yeni sistemler, hastalara ve ailelerine ilaç ve tedavi süreçleri hakkında eğitim sağlamak amacıyla tasarlandı.

Machine Learning

Makine öğrenimi (ML), tahminler yapmak için veri ve algoritmaların kullanıldığı bir süreçtir. ML'nin temel amacı, doğrudan kullanıcı girdilerine başvurmadan, yalnızca verilerden elde edilen bilgilere dayanarak kararlar almaktır. Bu bağlamda, kullanılan spesifik algoritma türleri, ML'nin merkezi odak noktalarını oluşturur. ML algoritmaları genellikle lojistik regresyon, doğrusal regresyon ve rastgele orman (RF) gibi istatistiksel öğrenme mekanizmalarından türetilir. Derin öğrenme, nöronal bilgi işleme süreçlerini taklit etmeyi amaçlayan matematiksel modellere dayanan ML'nin bir alt dalıdır. Yapay sinir ağları (YSA), insan beynindeki nöronal yapıları modellemek üzere geliştirilir. YSA'lardaki düğümler, çevresindeki düğümlerden aldıkları girdileri diğer düğümlere iletir, böylece nöronları temsil ederler. Bu yapı, bilginin işlenmesini ve düğümden düğüme aktarılmasını sağlayarak, insan merkezi sinir sistemindeki nöronal ağlara benzer bir işleyiş sunar. **CNN (Convolutional Neural Networks)**: çok boyutlu verileri alıp gönderebilen YSA'ların bir alt sınıfıdır ve bu ağlar, karmaşık veri iletimine olanak tanıyarak, mekansal tanıma, ses işleme ve dil işleme gibi görevlerde faydalıdır. CNN'ler, hastalık semptomolojisi ve klinik görüntülemeleri kullanarak, eğitilmiş bir doktor gibi klinik tanı koyma yeteneğine sahiptir.



Her daire, alanın daha ayrıntılı yönlerini araştırıyor ve sonunda yapay zekanın en karmaşık uygulamalarından bazıları olan sinir ağları ve derin öğrenmeye odaklanıyor.

Öncelikle, ML'nin tıpta iyi belgelenmiş bazı önemli uygulamalarını inceleyeceğiz: radyolojik görüntü yorumlama ve dermatolojik patoloji tanımlama.

Bilgisayar Destekli Tespit (CAD), görüntüleme çalışmalarını analiz ederek klinisyenlere destek olan ve tanı atlanma oranını azaltan bir makine öğrenimi uygulamasıdır. Bu algoritmalar, potansiyel olarak anormal görüntüleri belirginleştirerek klinisyenlerin dikkatini çekecek şekilde tasarlanmıştır. Özellikle, bu uygulamalar klinisyenlerin yerine geçmek yerine, onlara yönlendirilmiş yorumlarla yardımcı olmayı amaçlar; bu da yanlış negatif oranlarının azalmasına katkıda bulunur.

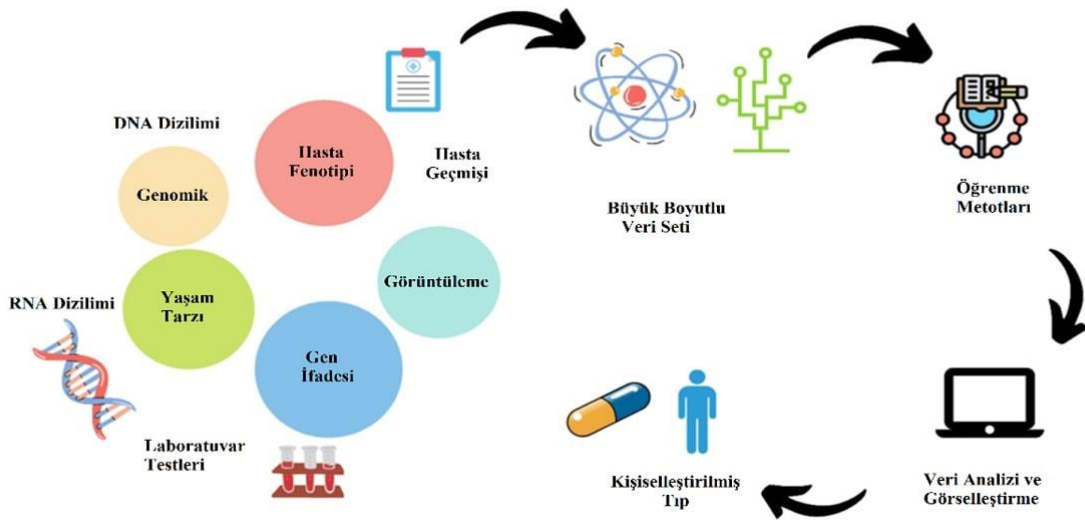
Cilt patolojisinin tespiti, makine öğreniminin (ML) dermatolojideki çok yönlü uygulamalarından biridir. ML, görüntü kılavuzlu hastalık sınıflandırması, patoloji slaydı yorumlama, dijital cihazlar aracılığıyla cilt hastalıklarının değerlendirilmesi ve epidemiyolojik çalışmalar gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle, cilt kanseri, en yaygın görülen insan malignitesi olduğundan, araştırmaların büyük bir kısmı hastalığın önlenmesi ve taramasına yönelik olarak gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN'ler), dermatolojik görüntüleri tanıma, tespit etme ve sınıflama yetenekleri için özel olarak geliştirilmiştir. Bu ağlar, binlerce normal ve patolojik görüntü içeren veri setleriyle eğitilir. Örneğin, GOOGLE Inception V3, 1 milyondan fazla genel görüntü ve 129,450 dermatolojik ve klinik görüntü ile eğitilmiş bir CNN'dir ve eğitilmiş hekimlerle karşılaştırılabilir düzeyde dermatolojik maligniteleri tespit edebilme kapasitesine sahiptir. Başka bir çalışmada, 49,567 görüntü ile eğitilen CNN, hastaların fotoğraflarını kullanarak onikomikozu (tırnak mantar enfeksiyonu) doğru bir şekilde tespit etmiş ve projeye katılan çoğu dermatologdan daha üstün bir tanı doğruluğu elde etmiştir.



Kişiselleştirilmiş Tıpta İlerleme: Çok Yönlü Sağlık Veri Alanlarında Yapay Zekanın Kullanımı

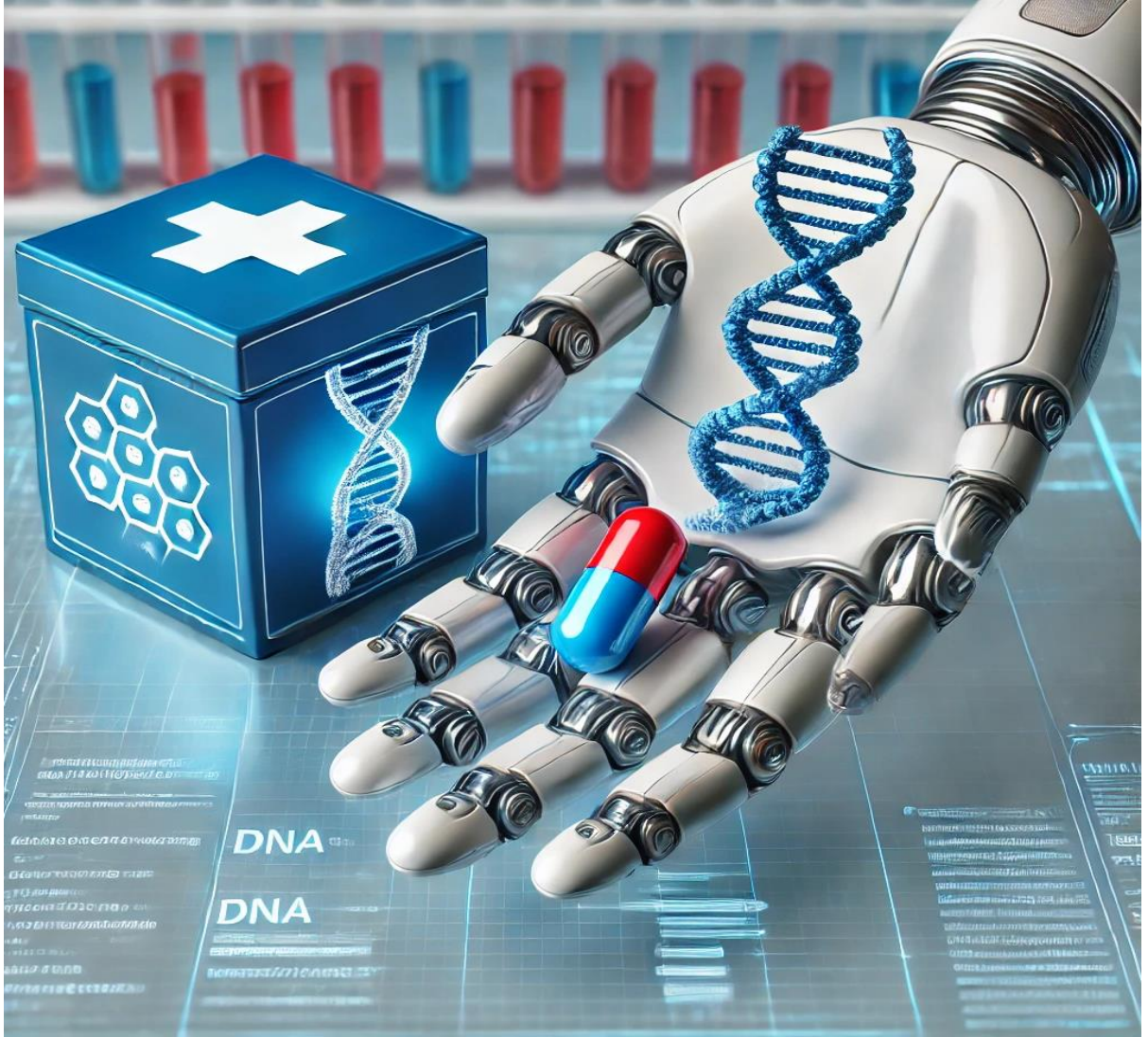


Geleneksel, herkese uyan tek tip tedavi yaklaşımlarının aksine, kişiselleştirilmiş tıp, bireylerin genetik, yaşam tarzı ve çevre gibi benzersiz sağlık verilerini kullanarak sağlık hizmetlerini kişiye özel hale getirir. Giyilebilir cihazların artan kullanımı, yeni nesil dizi analiz tekniklerindeki gelişmeler ve elektronik sağlık kayıtlarının artan uygulanması ile sağlık alanında; bireysel sağlık verilerinde önemli bir artış yaşanmıştır. Ancak, bu kişisel sağlık verileri işlenip analiz edilenden çok daha hızlı bir oranda toplanmaktadır, bu da bir darboğaza neden olmaktadır. Yapay zeka, bu hızla büyüyen verilerin kalitesini ve kullanılabilirliğini artırarak bu darboğazı çözebilir. Çeşitli teknikler, farklı veri kaynaklarının temizlenmesi, işlenmesi ve standardizasyonu gibi işlemleri otomatikleştirebilir ki bu, verileri eyleme dönüştürmede kritik bir öneme sahiptir.

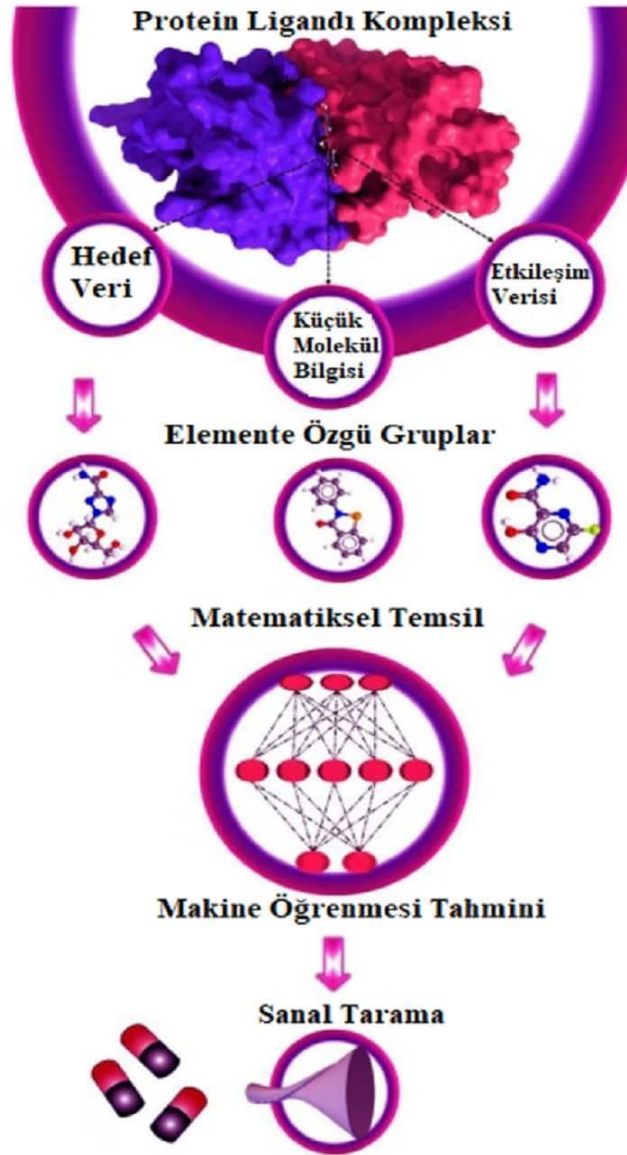


Yapay zekanın hastaya ait verileri toplaması ve analiz ederek tedaviyi kişiselleştirmesi (Bhattamisra vd., 2023)

Genomik alanında, yapay zeka algoritmaları, DNA dizilerini analiz ederek belirli hastalıklar veya durumlarla bağlantılı olabilecek genetik varyasyonları veya mutasyonları tanımlayabilir. Bu dizilerdeki örüntüleri tanıyarak, yapay zeka genetik bozuklukların teşhisine yardımcı olabilir, hastalık risklerini tahmin edebilir veya potansiyel tedavi hedefleri belirleyebilir. Proteomikte ise, bir organizmadaki protein türleri ve miktarlarındaki varyasyonlar farklı sağlık koşullarından veya tedaviye verilen yanıtlardan kaynaklanabilir. Yapay zeka bu varyasyonları tanıyabilir, bu da yeni hastalık biyomarkırlarını keşfetme potansiyeli sunar veya hastalık mekanizmalarının anlaşılmasını geliştirebilir. Bir grup, tiroid nodüllerinin proteomik örneklerinden tiroid malignitesinin teşhisine yardımcı olacak bir yapay zeka modeli geliştirdi ve bu modelin tahmini duyarlılığı %90'ın üzerinde olarak belirlendi. Teşhislerin yanı sıra, yapay zeka hangi hasta alt gruplarının bir ilaçtan fayda görebileceğini veya göremeyeceğini anlamada da yardımcı olabilir. Bir çalışma, yapay zeka modellerini kullanarak mide kanseri hastalarının hangi alt grubunun paklitaksele duyarlı olacağını tespit etti ve genomlarını analiz ederek öngörücü bir biyomarker ortaya çıkardı.

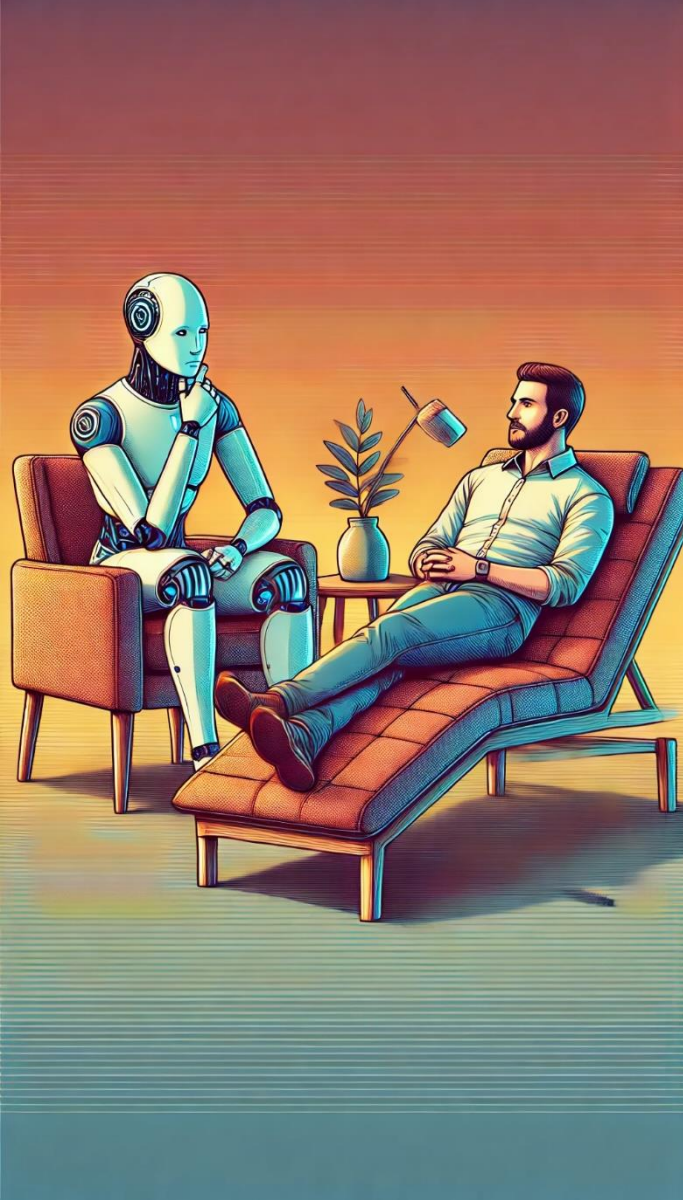


Pfizer, yapay zeka teknolojilerini kullanarak ilaç keşif süreçlerini hızlandırmak için CytoReason ile stratejik bir ortaklık kurmuştur. Bu işbirliği, özellikle bağışıklık sistemine yönelik çalışmalar ve immüno-onkoloji alanında yeni tedaviler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Pfizer, CytoReason'ın yapay zeka platformunu ve hastalık modellerini kullanarak, hastalıkların daha iyi anlaşılmasını ve ilaç geliştirme süreçlerinin optimizasyonunu hedeflemektedir. Bu ortaklık kapsamında Pfizer, CytoReason'a önemli bir yatırım yapmış ve 2022 de gelecek beş yıl içinde toplamda 110 milyon dolarlık bir finansman sağlayacak şekilde anlaşma imzalanmıştır. Bu girişim, kişiselleştirilmiş tıp ve hedeflenmiş tedavi seçeneklerinin geliştirilmesine olanak tanıyacak ve hastalar için daha etkili çözümler sunmayı amaçlamaktadır.



Yüksek verimli sanal tarama için makine öğrenimi yaklaşımlarını kullanarak öncü moleküllerin tahminine yönelik model iş akışı (Selvaraj vd., 2022)

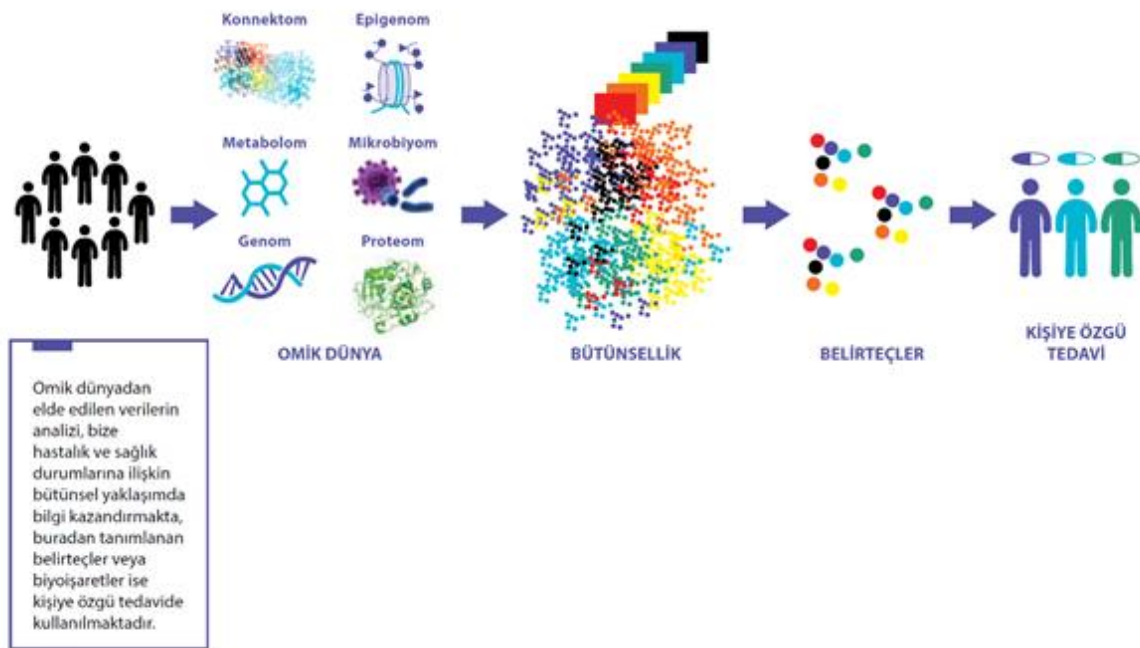
Yapay zekanın (AI) potansiyel kullanım alanları yalnızca hastalıkların biyolojik yönleri ile sınırlı değildir; psikolojik ve sosyolojik yönlerin analizinde de kullanılabilir. Ruh sağlığı bakımı alanında, AI destekli sohbet robotları ve sanal asistanlar, erişilebilir ve anında destek sunma yönünde devrim niteliğinde bir değişime öncülük etmektedir. Bu AI uygulamaları, kullanıcılara bilişsel davranışçı terapi prensiplerine dayalı kişiselleştirilmiş stratejiler ve egzersizler sunarak davranışsal müdahalede bulunmada fayda sağlar.



Yapay zeka kullanım alanları, kişisel psikolojinin ötesine geçerek hastalıkların sosyolojik yönlerini de kapsayabilir ve sağlığın sosyal belirleyicileriyle etkin bir şekilde mücadele edebilir. Carroll ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, hasta demografileri, tıbbi geçmişler ve önemli olarak konut istikrarı, ulaşım erişim ve beslenme durumu gibi sağlığın sosyal

belirleyicilerini içeren geniş bir veri yelpazesini analiz edebilen bir yapay zeka modeli geliştirilmiştir. Sonuç olarak, bu model bir hastanın yalnızca tıbbi geçmişini değil, aynı zamanda yaşam koşulları ve sosyal destek sistemleri gibi faktörleri de dikkate alarak hastaneye yeniden yatış riskini tahmin edebilmektedir.

Yapay zekanın potansiyeli, büyük veri kümelerinden anlamlı bilgiler çıkarma yeteneğiyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda farklı kaynaklardan elde edilen bulguları bütünleştirme kapasitesinden de kaynaklanır. Moleküler veriler olan genomik ve proteomik bilgilerin, hasta geçmişleri gibi fenotipik bilgilerle elektronik sağlık kayıtları üzerinden entegrasyonu, kişiselleştirilmiş tıbbin ilerlemesinde hayati bir rol oynar. Genomik düzeyden sosyolojik düzeye kadar bireysel sağlık bilgilerinin entegrasyonu, her bir sağlık düzeyini hedef alan kişiselleştirilmiş tedavilerin uygulanmasına olanak tanır. Yapay zekanın bu biyopsikososyal perspektiften hastalıkları tedavi etmek için kullanılması, hastalığın daha bütünsel olarak anlaşılmasına ve tedavi edilmesine imkan verir.



Ünver ve Kurnaz, 2019'dan uyarlanmıştır.

Teletıp, sağlık hizmetlerinin erişilebilirliğini artırma ve sağlık sistemlerinin etkinliğini iyileştirme potansiyeli taşıyan bir alan olarak öne çıkmaktadır. Yapay zeka (AI), teletıp uygulamalarında, uzaktan hasta izleme, semptom analizi ve acil durum müdahaleleri gibi çeşitli yönlerde devrim yaratabilir. AI destekli teletıp sistemleri, kronik hastalıkları olan hastaların sürekli izlenmesini sağlayarak, anlık veri analizi ile erken uyarı işaretlerini belirleyebilir ve potansiyel sağlık sorunlarına proaktif müdahalelerde bulunabilir. Bu

sistemler, hastaların ve sağlık hizmeti sağlayıcılarının zaman ve maliyetten tasarruf etmelerine olanak tanırken, aynı zamanda hasta güvenliği ve tedaviye uyumu artırır. Ayrıca, AI, hastaların semptomlarını değerlendiren ve uygun sağlık tavsiyeleri veya yönlendirmeleri sunan sanal sağlık asistanları aracılığıyla doğrudan hasta desteği sağlama kapasitesine sahiptir. Bu teknolojiler, özellikle coğrafi olarak izole edilmiş veya kısıtlı sağlık kaynaklarına sahip bölgelerde yaşayan hastalar için büyük fırsatlar sunmaktadır ancak telefon veya bilgisayar erişimi olmayanlar veya teknoloji yeterliliğine sahip olmayanlar için sağlık eşitsizliklerini daha da kötüleştirebileceği endişesi ortaya çıkmaktadır. Teletıp, sağlık hizmetlerinin geleceğinde merkezi bir rol oynamaya adaydır, yapay zekanın entegrasyonu ile bu alandaki inovasyon ve erişim daha da artacaktır.

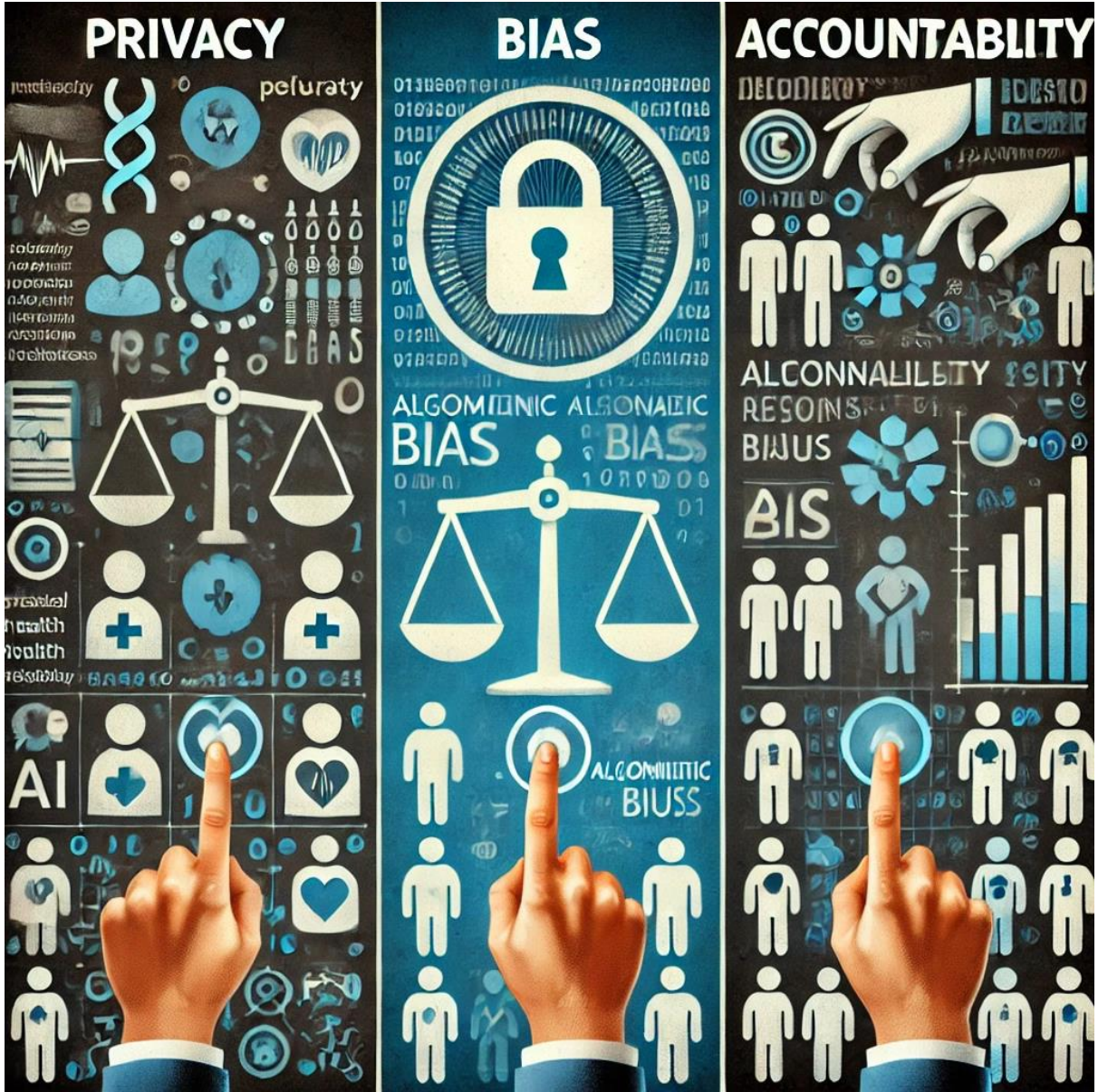
Tele-sağlık Hizmetleri ile Elde Edilebilecek Faydalar
Sağlık hizmetine kolay ve hızlı erişim sağlanması
Daha düşük maliyetlerle etkili sonuçlar alınması
Hastaların yaşam kalitesi ve memnuniyetinin artırılması
Doktor-hasta erişiminin hızlanması
Dijital çözümler ile hasta uyumluluğunun artırılması
Dijital bilgi materyallerine ve dijital platformlar aracılığıyla yayınlanabilecek eğitim ve webinarlara erişimin sağlanması

Etik

Yapay zeka (AI) teknolojilerinin hızla gelişimi, etik sorunları da beraberinde getirmektedir, özellikle gizlilik, özerklik ve adil kullanım gibi konular ön plana çıkmaktadır. AI sistemlerinin insan davranışlarını modellemesi ve kişisel verileri işlemesi, veri gizliliği ve kişisel mahremiyet konularında ciddi endişelere yol açabilir. Özellikle, sağlık hizmetleri gibi hassas alanlarda, hastaların verilerinin korunması ve bu verilerin nasıl kullanıldığının şeffaf bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

Algoritmalar, eğitildikleri veri setlerinin önyargılarını yansıtabilir ve bu da bazı gruplara karşı sistematik ayrımcılığa yol açabilir. Obermeyer ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada algoritma, sağlık ihtiyaçlarının bir göstergesi olarak sağlık harcamalarını kullandığı için, Siyah hastalar için harcanan para daha az olduğundan, bu hastaların sağlık durumları yanlış bir şekilde daha iyi olarak değerlendirilmiştir.

Ayrıca, AI'nin artan özerkliği, sorumluluk ve hesap verebilirlik konularında karmaşık soruları da beraberinde getirir. Özellikle, AI destekli karar verme süreçlerinde olası hatalar veya yanlışlıklar karşısında, bu sistemlerin eylemlerinden kimin sorumlu olacağı belirsizleşebilir. Bu durum, AI etiği üzerine yoğun tartışmaları teşvik etmekte ve bu alanda güçlü etik standartlar ve yönetmeliklerin oluşturulmasının önemini artırmaktadır.



SONUÇ

Özetle, AI ve tıbbın bir araya gelmesi, sağlık hizmetleri dönüşümünde önemli bir güç teşkil ediyor. Devam eden araştırmalar, AI ve sağlık profesyonelleri arasındaki iş birliği ve etik hususlara yönelik dikkatli bir yaklaşım, bu teknolojilerin tüm potansiyelinden yararlanabilmek için hayati önem taşıyor. Farklı dalların iş birliği ile sağlık hizmeti sunumu yeniden şekillendirilebilir, hasta sonuçları iyileştirilebilir ve daha verimli, erişilebilir, hasta merkezli bir sağlık hizmeti sisteminin önü açılabilir.

KAYNAKÇA

- 1) Bakkar, N., Kovalik, T., Lorenzini, I., Spangler, S., Lacoste, A., Sponaugle, K., Ferrante, P., Argentinis, E., Sattler, R., & Bowser, R. (2018). Artificial intelligence in neurodegenerative disease research: Use of IBM Watson to identify additional RNA-binding proteins altered in amyotrophic lateral sclerosis. *Acta Neuropathologica*, *135*(2), 227–247.
- 2) Bashshur, R. L., Howell, J. D., Krupinski, E. A., Harms, K. M., Bashshur, N., & Doarn, C. R. (2016). The empirical foundations of telemedicine interventions in primary care. *Telemedicine and e-Health*, *22*(5), 342–375.
- 3) Bhattamisra, S. K., Banerjee, P., Gupta, P., Mayuren, J., Patra, S., & Candasamy, M. (2023). Artificial intelligence in pharmaceutical and healthcare research. *Big Data and Cognitive Computing*, *7*(1), 10
- 4) Carroll, N. W., Jones, A., Burkard, T., Lulias, C., & Severson, K. (2022). Improving risk stratification using AI and social determinants of health. *American Journal of Managed Care*, *28*(10), 582–587.
- 5) Chan, S., Reddy, V., Myers, B., Thibodeaux, Q., Brownstone, N., & Liao, W. (2020). Machine learning in dermatology: Current applications, opportunities, and limitations. *Dermatology and Therapy*, *10*(3), 365–386.
- 6) Ciężyńska, M., Kamińska-Winciorek, G., Lange, D., Lewandowski, B., Reich, A., Sławińska, M., Pabianek, M., Szczepaniak, K., Hankiewicz, A., & Ułańska, M. (2021). The incidence and clinical analysis of non-melanoma skin cancer. *Scientific Reports*, *11*(1), 4337.
- 7) Cirillo, D., & Valencia, A. (2019). Big data analytics for personalized medicine. *Current Opinion in Biotechnology*, *58*, 161–167.
- 8) Comendador, B. E. V., Francisco, B. M. B., Medenilla, J. S., Nacion, S. M. T., & Serac, T. B. E. (2015). Pharmabot: A pediatric generic medicine consultant chatbot. *Journal of Automation and Control Engineering*, *3*(2), 137-140.
- 9) Dlamini, Z., Francies, F. Z., Hull, R., & Marima, R. (2020). Artificial intelligence (AI) and big data in cancer and precision oncology. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, *18*, 2300–2311.
- 10) Ferrucci, D., Levas, A., Bagchi, S., Gondek, D., & Mueller, E. T. (2013). Watson: Beyond Jeopardy! *Artificial Intelligence*, *199-200*, 93–105.
- 11) Fukushima, K. (1980). Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. *Biological Cybernetics*, *36*(4), 193–202.

- 12) Gordon, E., & Koslow, S. H. (2011). *Integrative neuroscience and personalized medicine*. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-539380-4.
- 13) Han, S. S., Park, G. H., Lim, W., Kim, M. S., Na, J. I., Park, I., & Chang, S. E. (2018). Deep neural networks show an equivalent and often superior performance to dermatologists in onychomycosis diagnosis: Automatic construction of onychomycosis datasets by region-based convolutional deep neural network. *PLoS ONE*, *13*(1), e0191493.
- 14) Indolia, S., Goswami, A. K., Mishra, S. P., & Asopa, P. (2018). Conceptual understanding of convolutional neural network—A deep learning approach. *Procedia Computer Science*, *132*, 679–688.
- 14) Institute of Medicine (US) Committee on Evaluating Clinical Applications of Telemedicine. (1996). *Telemedicine: A guide to assessing telecommunications in health care* (M. J. Field, Ed.). National Academies Press.
- 16) Machine Learning—An Overview. *ScienceDirect Topics*. Available online: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/machine-learning>
- 17) Machine Learning Classifies Cancer. Available online: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-02881-7> (accessed on 11 November 2023).
- 18) Miller, R. A., Pople, H. E., & Myers, J. D. (1985). INTERNIST-I, An experimental computer-based diagnostic consultant for general internal medicine. In J. A. Reggia & S. Tuhim (Eds.), *Computer-Assisted Medical Decision Making* (pp. 119-145). Springer.
- 19) Mintz, Y., & Brodie, R. (2019). Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, *28*(2), 73–81.
- 20) Monteith, S., Glenn, T., Geddes, J., Whybrow, P. C., & Bauer, M. (2022). Commercial use of emotion artificial intelligence (AI): Implications for psychiatry. *Current Psychiatry Reports*, *24*(4), 203–211.
- 21) Nichols, J. A., Chan, H. W. H., & Baker, M. A. B. (2019). Machine learning: Applications of artificial intelligence to imaging and diagnosis. *Biophysical Reviews*, *11*(1), 111.
- 22) Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C., & Mullainathan, S. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*, *366*(6464), 447–453.
- 23) Pires, I. M., Marques, G., Garcia, N. M., Flórez-Revuelta, F., Ponciano, V., & Oniani, S. (2020). A research on the classification and applicability of the mobile health applications. *Journal of Personalized Medicine*, *10*(1), 11.
- 24) Salman, Ü. S., & Aksan, K. I. (2019). *Adım adım biyogirişimcilik: Biyoteknoloji girişimci ve yatırımcılarına yol haritası*. ABA Yayınları.

- 25) Selvaraj, C., Chandra, I., & Singh, S. K. (2022). Artificial intelligence and machine learning approaches for drug design: Challenges and opportunities for the pharmaceutical industries. *Molecular Diversity*, 26(5), 1893–1913.
- 26) Shieber, S. M. (2007). The Turing Test as interactive proof. *Noûs*, 41(4), 686–713.
- 27) Shortliffe, E. H. (1977). Mycin: A knowledge-based computer program applied to infectious diseases. In *Proceedings of the Annual Symposium on Computer Application in Medical Care* (pp. 66–69). Washington, DC, USA.
- 28) Smith, J., & Doe, A. (2022). Ethical and regulatory challenges of AI technologies in healthcare: A narrative review. *Journal of Healthcare Ethics*, 15(3), 120-135.
- 29) Sundar, R., Barr Kumarakulasinghe, N., Huak Chan, Y., Yoshida, K., Yoshikawa, T., Miyagi, Y., Rino, Y., Masuda, M., Guan, J., & Sakamoto, J. (2022). Machine-learning model derived gene signature predictive of paclitaxel survival benefit in gastric cancer: Results from the randomised phase III SAMIT trial. *Gut*, 71(4), 676–685.
- 30) University of Washington. (2006). The history of artificial intelligence.
- 31) Wikipedia contributors. (2024, July 27). CADUCEUS (expert system). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/CADUCEUS_\(expert_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/CADUCEUS_(expert_system))
- 32) Wolfram, D. A. (1995). An appraisal of INTERNIST-I. *Artificial Intelligence in Medicine*, 7(2), 93–116.
- 33) Xiao, Q., Zhang, F., Xu, L., Yue, L., Kon, O. L., Zhu, Y., & Guo, T. (2021). High-throughput proteomics and AI for cancer biomarker discovery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 176, 113844.
- 34) Zou, J., Han, Y., & So, S.-S. (2008). Overview of artificial neural networks. *Methods in Molecular Biology*, 458, 15–23.
- 35) Indolia, S., Goswami, A. K., Mishra, S. P., & Asopa, P. (2018). Conceptual understanding of convolutional neural network—A deep learning approach. *Procedia Computer Science*, 132, 679–688.