



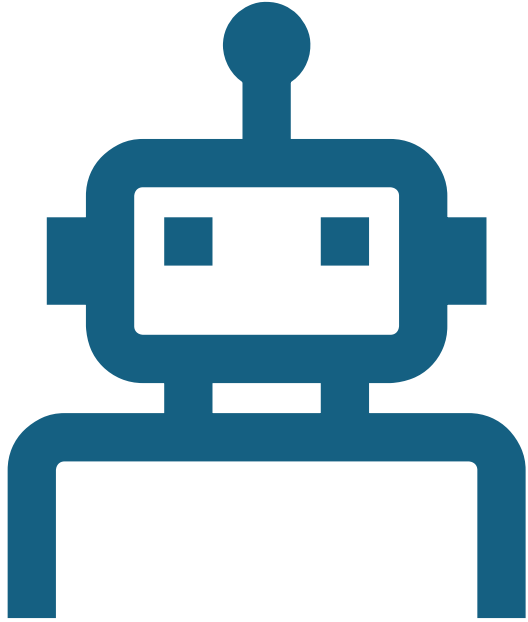
Göz Hastalıklarında Yapay Zeka: Fırsatlar, Riskler ve Zorluklar

Prof.Dr. Hidayet ERDÖL

KTÜ Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Zeka Nedir?

Zeka terimi, **kavramak veya algılamak** anlamına gelen Latince 'intellēctus' isminden veya 'intelligere' fiilinden türetilmiştir.



- **1. Görsel-mekansal:** fiziksel çevre özellikleri (mimarlar araziye ve çevreye göre bir bina tasarlarken, bir tekneyi suda gezdirirken)
- **2. Kinestetik:** vücut hareketleri (bir balerinin, cerrahların veya sporcuların teknik becerisi ve hassasiyeti).
- **3. Yaratıcı:** Tipik olarak sanatta, müzikte ve yazıda ifade edilen yeni düşünce (hayal gücüne dayalı yazarlar, ressamlar ve müzisyenler).
- **4. Kişilerarası:** başkalarıyla etkileşim (görüşmeciler, esnaf, iş adamları).
- **5. İçsel:** kendini gerçekleştirme (meditasyon, hedef planlama, kendini koruma).
- **6. Dilsel:** iletişim için kelimelerin manipülasyonu (günlük iletişim).
- **7. Mantıksal-matematiksel:** hesaplamalar, kalıpları belirleme, ilişkileri analiz etme (mantık, bulmacalar, sayıları hesaplama).

Yapay Zeka Nedir?

Yapay zeka, insan zekasını simüle etmeyi, genişletmeyi ve geliştirmeyi amaçlayan teorilerin, yöntemlerin, tekniklerin ve uygulamaların geliştirilmesini kapsayan bir disiplindir. Terim **1956'**da John McCarthy tarafından icat edildi ve tanımlandı

Bir algoritmanın neyi yapıp neyi yapamayacağını anladığımızda, o zaman algoritmanın faydasını en üst düzeye çıkarabiliriz. Bu düzeyde kabul görmüş bazı algoritmalar, kişiselleştirilmiş arama sonuçları sunan '**arama motoru**' algoritmaları, e-posta istemcilerindeki **spam filtreleri**

Ancak hastanelerde kullanılmak üzere geliştirilen algoritmalar henüz bu düzeyde kabul görmedi. Bunun nedeni hasta-hekim ilişkisinin doğasından, potansiyel düzenleyici engellerden ve bu algoritmaları şaşırtan çeşitli önyargı türlerinden kaynaklanmaktadır

Son **3 yılda 64 algoritmaya** (SaMD: tıbbi cihaz olarak yazılım) verilen **FDA onayları** nedeniyle, gelecekte bu seçeneklerin klinisyenler için yaygın olarak kullanılabilirliğini bekleyebiliriz.

Şu anda oftalmolojide sadece **IDx-DR**, diyabetik retinopati için otonom AI tanı sistemi olarak onaylanmıştır

Yapay Zekanın Tarihsel Gelişimi

- 'Yapay zeka' (AI) terimi, 1956'da bu alandaki uzmanlar için Dartmouth konferansında John McCarthy tarafından icat edildi. O dönemde sınırlı bilgi işlem gücü ve donanıma rağmen bu konferanstan beklentiler son derece yüksekti. Bu konferansın yarattığı heyecanın karşılanamaması, 1974–1980 ve 1987–1993 yıllarındaki yapay zeka duraklamasına neden oldu.

- 1950'ler: İlk YZ kavramları ve Turing Testi.
 - 1990'lar: Makine öğrenimi ve veri madenciliğinin yükselişi.
- Günümüz: Derin öğrenme ve büyük veri ile YZ'nin evrimi

- **Sağlıkta yapay zeka**, sağlık bilimleriyle ilgili alanlardaki farklı zorlukları veya sorunları ele almak için farklı yöntem ve teknikleri içeren **bir alt uzmanlık alanıdır**.
- Bu yeni araçlar, klinik kararlarda yardım, tıpta veri madenciliği **konularındaki görevi güçlendirmek**, sağlık hizmetlerindeki profesyonel personele ek bir anlayış sağlamaya olanak tanıyan ekstra **yardım önermek** için kullanılabilir.

- Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE), yapay zekayı alt bölümlere ayırır üç alt alana ayrılır:

- 1. Bağlantıcı modellere dayanan, biyolojik beyni taklit etmeye çalışan **yapay sinir ağları (YSA)**;
- 2. örneğin doğal seçim mekanizması gibi biyoilhamlı optimizasyon yöntemlerini kullanan **evrimsel algoritmalar**;
- 3. İnsanoglunun doğal dilini kullanan, sınıflandırmayı değiştiren **bulanık mantık-silik mantık**

ML ve DL arasındaki fark



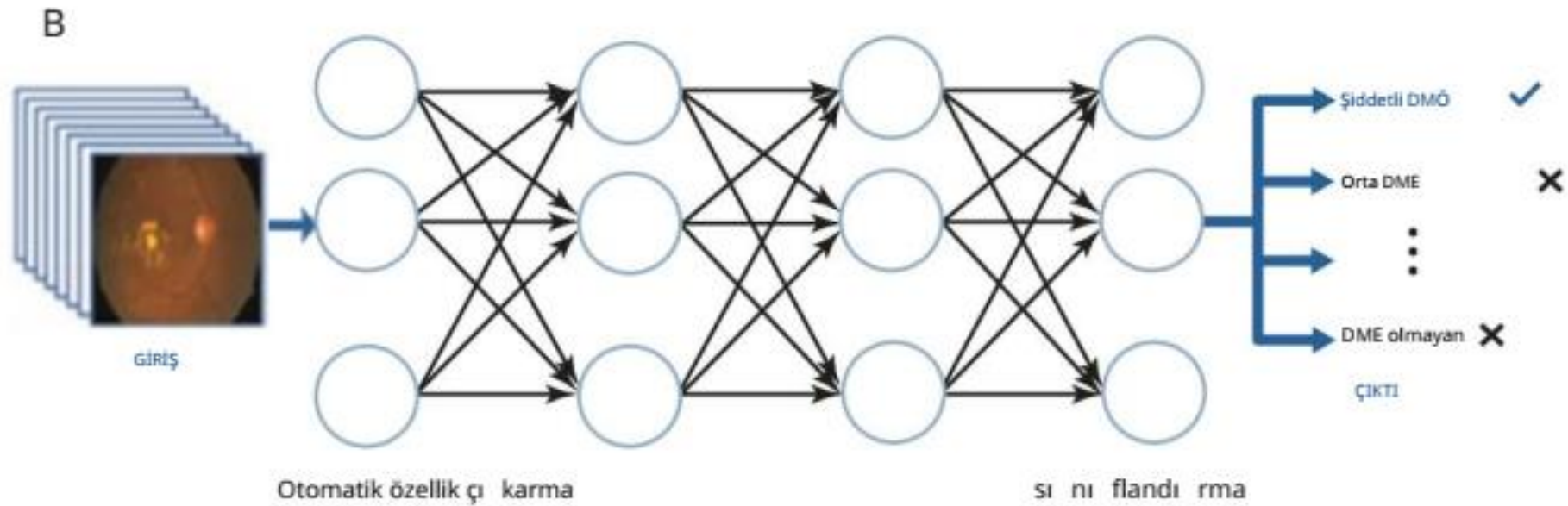
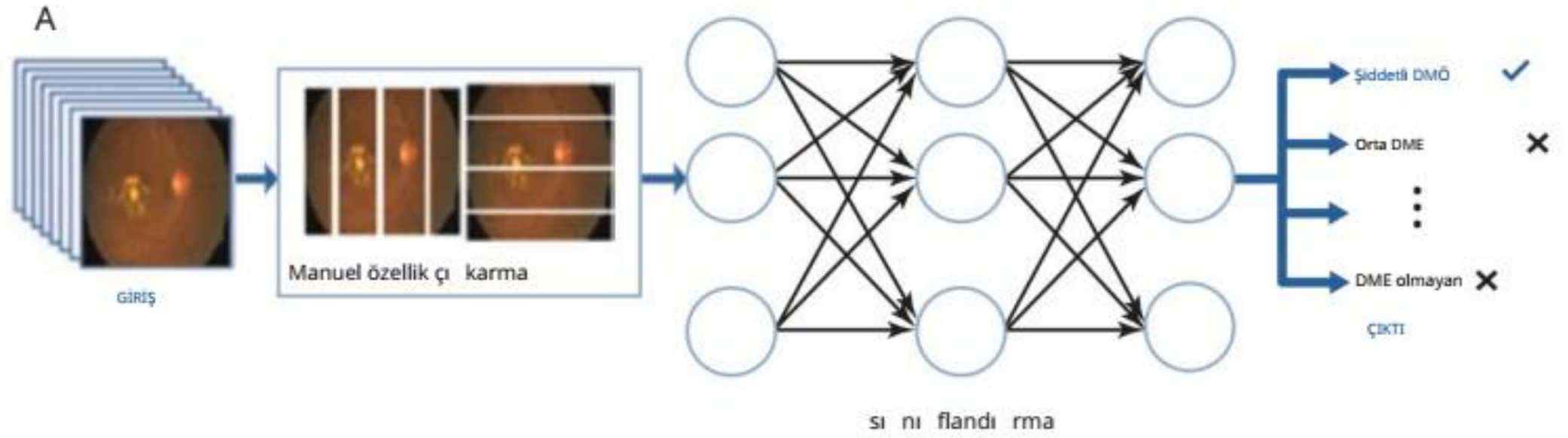
ML: Değişken sayısını azaltmayı veya daha alakalı olanları seçmeyi amaçlayan, ön işleme odaklı bir önceki aşama dahil edilmelidir. Bu işleme **özelliik çıkarma** adı verilir ve herhangi bir makine öğrenimi sınıflandırması veya regresyon uygulaması için önemlidir



Buna karşılık **DL**, özellik çıkarma süreçlerini **otomatikleştirmeye** çalışır; burada modelin ilk katmanları, sınıflandırma veya regresyon sorununda son katmanlar için kullanılan parametreleri elde etmek için çalışır.



Oftalmolojide, fundus görüntülerini kullanarak temsil etmek, analiz etmek ve tanı koymak için en iyi yöntemin seçimi karmaşık bir hesaplama problemidir



Şekil 2.2 ML ve DL karşılaştırması : (a) ML ve (b) DL

MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİ

- **Denetimli öğrenme:** Algoritma girdiler ve çıktılarla beslenir ve girdiler ile istenen çıktılar arasındaki ilişkiyi haritalayan bir fonksiyona sahiptir.
- **Denetimsiz öğrenme:** Algoritma girdilerle beslenir ve girdi verileri arasındaki benzerliğe göre gruplarda kümelenmesi gerekir.
- **Takviyeli öğrenme:** Algoritma eylemler ve durumlarla beslenir ve Belirli bir durum karşısında nasıl hareket edileceğine dair bir politika öğrenir.
- İyi sonuçlara rağmen, bu sonuçlarla ilgili temel problemler veri setlerinin küçük olması ve etiketlere duyulan ihtiyacın pahalı ve hantal bir iş olmasıdır.

Vandarkuhali ve Ravichandran [27] aşırı öğrenme makinesi (ELM) yaklaşımı ve olasılıksal sinir ağıyla retinal kan damarlarını tespit etti, iyi sonuçlara rağmen, bu sonuçlarla ilgili temel problemler veri setlerinin küçük olması ve etiketlere duyulan ihtiyacın pahalı ve hantal bir iş olmasıdır.

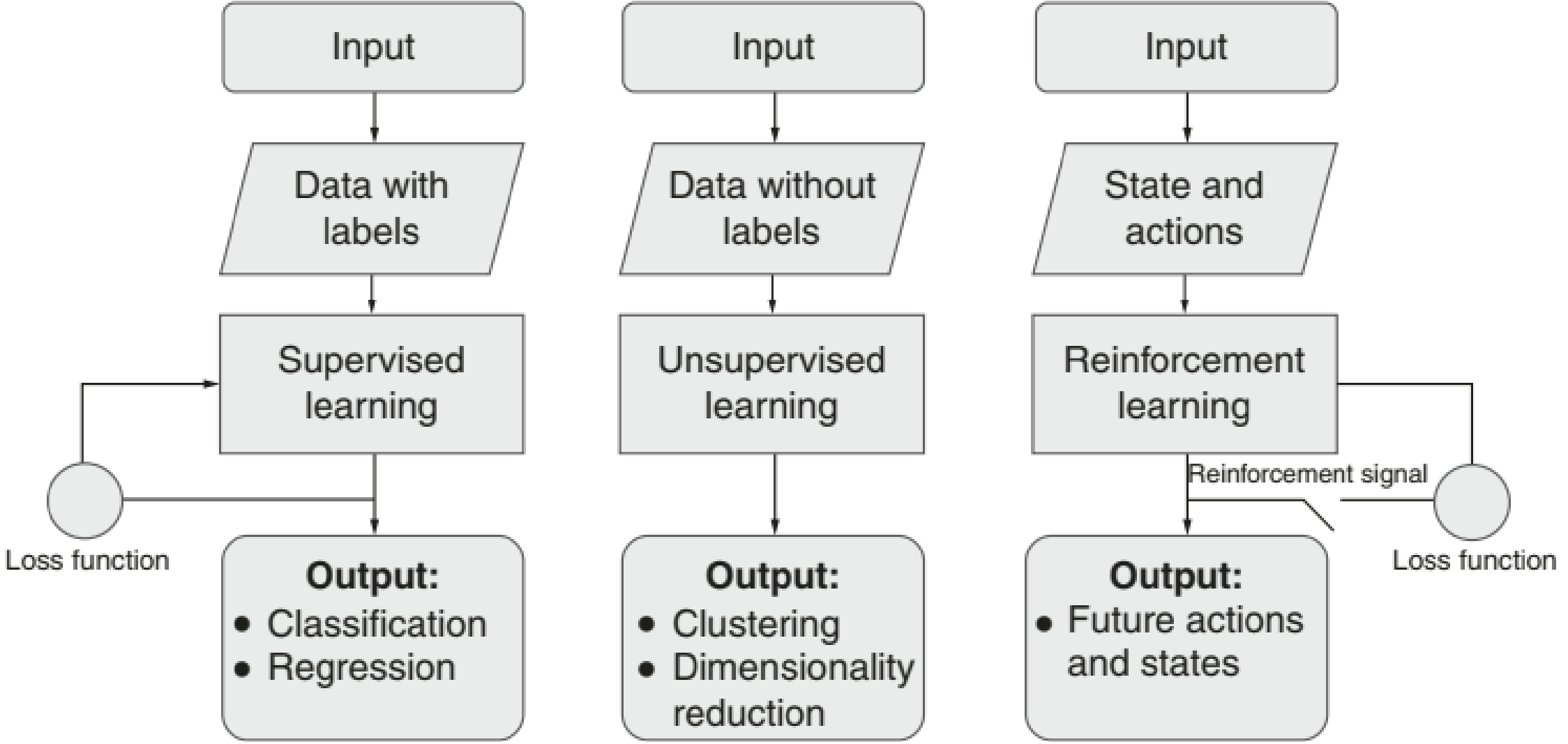
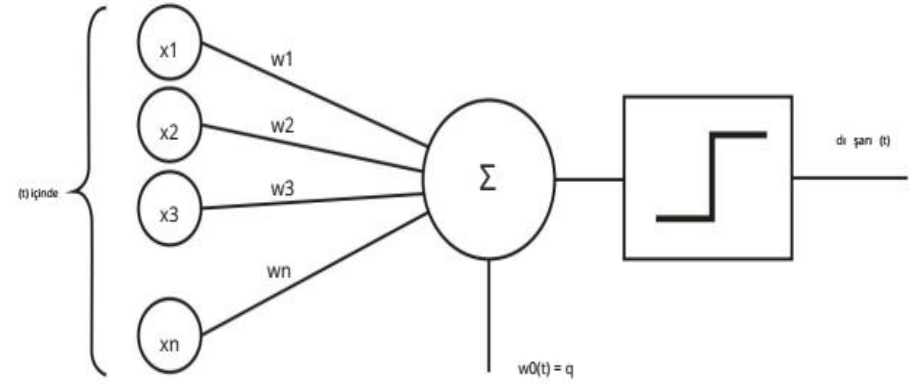


Fig. 2.3 Learning approaches of machine learning methods

DERİN ÖĞRENME



- **Derin öğrenme (DL)** , insan beyninin işleme yeteneklerini daha iyi taklit etmek için birden fazla yapay sinir ağının (ANN) bir araya getirildiği makine öğreniminin bir alt bölümüdür. DL, ortak bir özelliğe sahip bütün bir algoritma ailesini içeren bir ML dalıdır:
1960'ların başında, beyin korteksinin doğasından gelen ilham sayesinde Frank Rosenblatt, sinir ağlarının yapısının temel sütununu tanıttı.
- YSA, katmanlar halinde organize edilmiş bir dizi algılayıcıdan (nöronlar) oluşur. Tüm yapı üç bölüme ayrılabilir: **bir giriş katmanı, bir dizi gizli katman ve bir çıkış katmanı**

DERİN ÖĞRENME

- Çoğu makine öğrenimi yönteminde olduğu gibi amaç, **veri örüntülerini daha iyi tanımlayan parametreleri öğrenmektir** ve bu amaca ulaşmak için bir maliyet fonksiyonunun en aza indirilmesi gerekir.

Bu, modelde olduğu gibi **yinelemeli olarak** hesaplanacak parametrelerin gerekli ayarlanmasına olanak tanır. Eğitim örneklerini analiz eder. Günümüzde geri yayılım, sinir ağlarının eğitim sürecindeki en gelişmiş teknolojinin bir parçasıdır

DL, yüzlerce gizli katman kullanan derin sinir ağlarına dayanmaktadır.

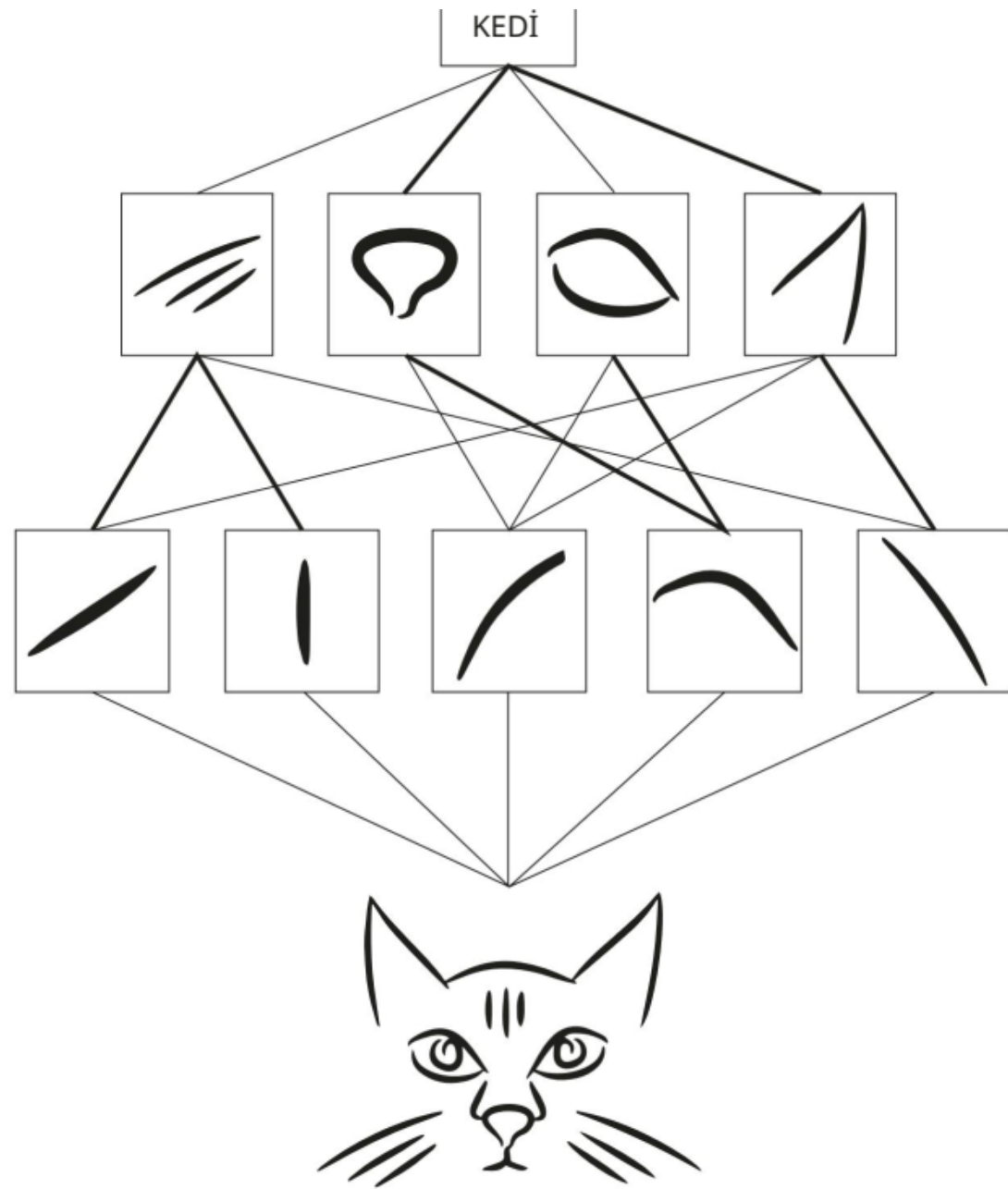
DL modellerinin çoklu seçenekleri arasında, tıbbi görüntüleme uygulamaları arasında belirli bir tür öne çıkıyor: **evrişimli sinir ağları (CNN'ler)**.

Evrişimsel Sinir Ağları (CNN)

CNN'ler **1979**'da tanıtıldı CNN'ler evrişim, alt örnekleme ve/veya normalleştirme operatörlerine dayalı birkaç gizli katman içerir. Bu, aşırı sayıda eğitilebilir parametre eklemeye gerek kalmadan bir görüntüde mevcut olan yapısal bilgiden yararlanmaya olanak tanır.

Bir CNN'nin **girişi**, şekli görüntü çözünürlüğüyle tanımlanan **bir tensördür** (**çok boyutlu bir matris**)

- 1995'ten bu yana tıbbi görüntüleme başarıyla uygulanmaktadır, ancak göz hastalıkları çalışmalarında henüz yeni kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 2.5 Bir CNN tarafı ndan gerçekleştirilen özellik çı karma

Öğrenimin Transferi

- Fundus görüntülerinin analizinde en çok kullanılan DL modellerinden bazıları **Inception V1 ve V3'tür**. Bu modeller orijinal olarak doğal görüntülerin mevcut en büyük veri kümelerinden biri olan **ImageNet** ile eğitilmiştir
- Göz fundus görüntülemesi için halka açık en büyük veri kümelerinden biri, eğitim için yalnızca **35.126** görüntüye sahip olan **EyePACS'dir**

En çok uygulanan CNN'nin sınıflandırmasına dayanarak, **tıbbi görüntülemeye yönelik modeller** şu şekilde yapılabilir:

- **A-sınıflandırma modelleri,**
- **B-segmentasyon modelleri ve**
- **C-çok modlu mimariler**

A-SINIFLANDIRMA MODELLERİ

- Sağlıklı ve hasta hastaları sınıflandırmak veya bir hastalığı farklı evrelerine göre sınıflandırmak, tıbbi tanıyı desteklemede elbette önemlidir. **Inception V1** ve **Inception V3** bu görev için kullanılan en başarılı modellerden ikisidir.
- **Inception V1**, aynı giriş için farklı boyutlarda evrişimler kullanan bir CNN'dir. Ayrıca mimarisinin sonunda küresel ortalama havuzlama katmanını içerir.
- **Inception V3**, aşırı yüklemeyi önlemek amacıyla toplu normalleştirme ve etiket yumuşatma stratejilerinin birkaç katmanını ekleyen geliştirilmiş bir versiyondur. **İnce ayarlı Inception V3, DR teşhisi görevinde etkileyici bir performans gösterdi**

B-SEGMENTASYON MODELLERİ

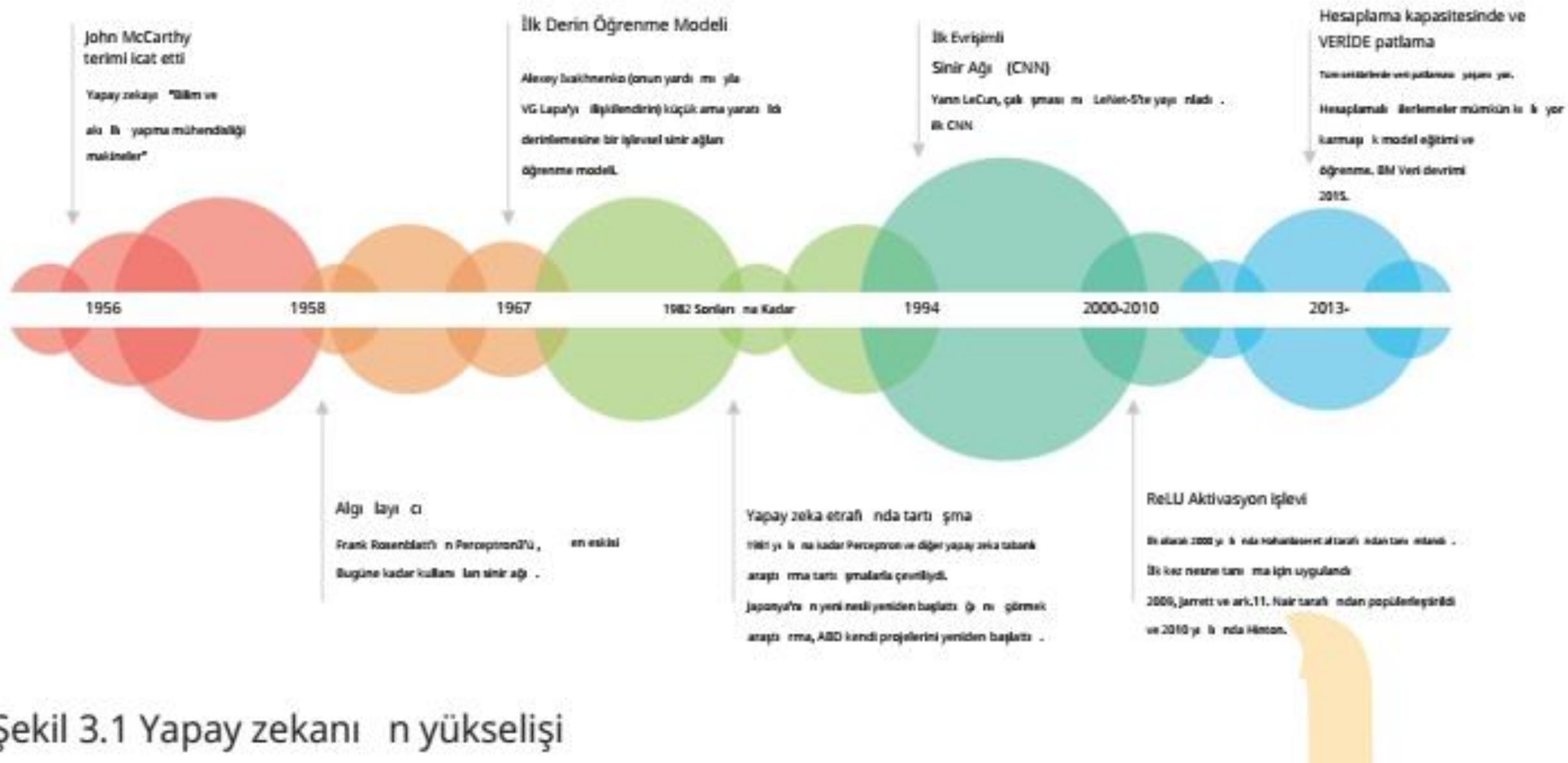
- Segmentasyon modelleri, görüntülerdeki **anatomik yapıları organ veya yaralanma olarak tanımayı ve izole etmeyi amaçlar**
CNN'ler, glokom tanısı için faydalı olan optik disk segmentasyonunu yapmak için kullanılır DR'nin izlenmesi için kan damarlarının ve eksüdaların segmentasyonu veya Yaşa Bağlı Makula tanısında faydalı olan drusların tanımlanması için segmentasyon yapılır.
- En yaygın modeller arasında , birkaç görüntüyle eğitilebilen, biri aşağı örnekleme ve diğeri üst örnekleme olmak üzere simetrik bir şekilde birbirine bağlanan iki bölümden oluşan **U-Net modeli** bulunmaktadır
- Diğer yaygın model ise tekrarlayan bağlantıları içeren ve son girişlerden gelen bilgilerin geçici olarak saklanmasına izin veren **tekrarlayan sinir ağlarıdır (RNN)**. Bu, Optik Koherens Tomografi (OCT) makinesinden elde edilenler gibi hacimsel görüntülerin analizinde faydalıdır çünkü birbiriyle ilişkili ardışık görüntü kümeleri arasındaki desenlerin bulunmasına olanak tanır.

C-ÇOK MODLU ÖĞRENME

- **Farklı kaynaklardan gelen bilgileri birleştirerek daha iyi sonuçlara** olanak tanırırlar.
CNN'ler yalnızca bir görüntüyü değil aynı zamanda ekstra kanallar şeklinde daha fazla bilgiyi alabilir
- Bu, hacimsel OCT'leri işlemek için tasarlanmış modeller veya AMD tanısı için fundus görüntülerini OCT hacimleriyle birleştiren modeller için geçerlidir

Yapay Zeka ve Oftalmoloji

- Göz hastalıklarının teşhisinde kullanılan geleneksel yöntemler öncelikle [göz doktorunun mesleki deneyimine ve bilgisine bağlıdır; bu da yanlış teşhis oranının yüksek olmasına ve tıbbi verilerin yetersiz kullanılmasına neden olabilir.](#)
Yapay zeka uygulamaları, uzman bilgisini ve sınırlı kaynakları paylaşarak [uzak bölgelerdeki hastalara destek](#) sağlanmasına büyük katkılar sağlayabilir.
Tıbbi görüntü işleme alanındaki araştırmalar genellikle çıplak gözle değerlendirilmesi zor olabilecek **özellikleri çıkarmayı amaçlamaktadır**. İki tür özellik vardır. **Birincisi**, uzmanlar tarafından tanımlanan, çok iyi bilinen **anlamsal özellik**, **diğeri ise** matematiksel denklemlerle tanımlanan **agonistik özelliktir**
- Hızlı bir PubMed araştırması, yapay zeka alanında yayınlanan makale sayısının 2018'den bu yana 35.140 (%31,2) yayınlanmak üzere 112.594 sonuca nasıl ulaştığını göstermektedir
Makine öğrenimi (ML), 2016'da tanıtım ve beklentilerin etkisini gösteren beklentinin zirvesindeydi; DL ise 2018'de aynı zirvedeydi
- **PubMed araması, ML için 2020 yılına kadar toplam 49.721 sonuç** gösterir; 2016'da 3885, 2017'de 5217 ve 2018'de 8169 sonuç. Son **2 yılda, toplam sonuçların %48,73'ü olan 24.230** sonuç görüldü



Şekil 3.1 Yapay zekanın yükselişi

YAPAY ZEKA VE ÖN SEGMENT BOZUKLUKLARI

- **EKTAZİ**
- Refraktif cerrahilerle birlikte iatrojenik keratektazi gözlenmiştir. **Pentacam HR** (Oculus, Wetzlar, Almanya) %94,2 duyarlılık ve %98,8 özgüllük
- Ektazi tanısında AI uygulamalarının anlaşılmasını daha da geliştirmek için **Lopes ve ark.** tomografik verileri analiz etmek ve ektaziyi tespit etmek için beş farklı makine öğrenimi tekniğini karşılaştırdı. **düzenli diskriminant analizi (RDA), SVM, naif Bayes (NB), sinir ağları ve rastgele orman (RF)** idi.

YAPAY ZEKA VE ÖN SEGMENT BOZUKLUKLARI

- KERATOKONUS
- Keratokonus tespiti için yapay zeka, hastalığın varlığını tespit etmek, normal olanı **fruste keratokonustan** ayırmak ve hastalığın ciddiyet derecesini sınıflandırmak için birçok farklı yöntemin uygulandığı aktif bir araştırma alanıdır

YAPAY ZEKA VE ÖN SEGMENT BOZUKLUKLARI

- **KATARAKT DEĞERLENDİRİLMESİ**
- Görünür dalga boyu (VW) göz görüntülerini kullanan çok sınıflı bir bilgisayar destekli teşhis (CAD) sistemi geliştirildi.
- Ancak, **Şu anda Kataraktın** yakalanma modları, etiyolojileri ve tedavi aşamaları farklılıkları tanıyabilecek hiçbir evrensel **yapay zeka aracı** veya **platformu mevcut değil**.

YAPAY ZEKA VE ÖN SEGMENT BOZUKLUKLARI

• GİL HESAPLAMALARI

- Son zamanlarda DL, yeni geliştirilmiş bir formül olan **Ladas 2.0'ı** geliştirildi. Birden fazla cerrahın bilgi almak için veri setlerini kullanan ve ardından bunu başka bir cerraha uygulayan **Ladas 2.0 AI, %87'lik bir** doğruluk sağlıyor ve aynı cerrahın verileri kendi hesaplamalarını iyileştirmek için kullanılırsa doğruluğu %94'e çıkıyor.
- **Karmona yığın regresyon modeli gözlerin %90,38'inin ve %100'ünün sırasıyla $\pm 0,50$ ve $\pm 1,00D$ aralığında ölçebilmiş.**
Performans tahminleri için, $\pm 0,5 D$ dahilindeki ameliyat sonrası göz hedefi yüzdesi **Hill-RBF yöntemi kullanılarak %83,62, Barrett Universal II kullanılarak %79,66 ve SRK/T formülü kullanılarak %74,01** olarak bulundu.

Yapay zeka tabanlı, kendi kendini kalibre eden biyometreler, gelecekte devrim yaratacak

Yapay zeka arka segment bozuklukları

- **DRP**

- **TARAMA**

- DR tarama programlarının sağlam bir şekilde uygulanmasının önündeki en büyük engel, eğitimli insan değerlendiricilerin bulunması ve uzun vadeli mali sürdürülebilirlik ile ilgilidir. **Derin öğrenme, DR'nin tespitine yönelik teşhis performansında devrim yarattı.** Proliferatif olmayan DR'yi (NPDR) otomatik olarak teşhis etmek için **(OCTA)** görüntülerini kullanan **sürekli makine öğrenimi (CML)** algoritmalarına dayanan bir bilgisayar destekli teşhis (CAD) sistemi de yüksek doğruluk elde etti
- Diyabetik retinopati tanısına yönelik algoritmalar, rutin klinik kullanım için düzenleyici onayı alan ilk algoritmalar arasında yer almıştır **IDx-DR (Idx, Iowa City, IA, ABD),** DR'nin tespiti için FDA tarafından onaylanan ilk AI sistemiydi. Renkli fundus fotoğraflarını kullanan bu sistem, DR'nin belirli biyobelirteçlerini etkili bir şekilde tanımlayarak, bir göz doktoruna **ziyaretin gerekli olup olmadığı** veya gelecek **yıl bir takip taramasının yeterli olup olmadığı** konusunda rehberlik sağlar

Yapay zeka arka segment bozuklukları

- **RETİNA DAMAR TIKANIKLIĞI**
- Tanıda %97 lere varan doğruluk antiVEGF yanıtının tahmin edilmesinde değişik OCTA parametreleri başarı ile kullanılmıştır.
- Retinal perfüzyon olmayan alanları saptamak için ısı haritaları oluşturdular ve retinal ven tıkanıklığı OCT anjiyografi görüntülerini normal kontrol deneklerinden ayırmada **AUC cesaret vericiydi (0,986).**
- Görüntüleri ayırt etmek için duyarlılık, özgüllük ve ortalama gerekli süre sırasıyla %93,7, %97,3 ve 176,9 saniyeydi ve DL algoritması tüm parametrelerde oftalmologlardan daha iyi performans gösterdi.

Yapay zeka arka segment bozuklukları-ROP

- ROP yıllık insidansı 32.000' DÜNYADA ROP insidansı Amerika Birleşik Devletleri'nde %19,9'dur ve çocukluk çağındaki körlüğün %6-18'inden sorumludur. Erken tedavinin, yüksek riskli eşik öncesi ROP'lu hastalarda daha iyi retina yapısı sonuçları ve görme keskinliği şansını arttırdığı gösterilmiştir, **ancak %9'u hala körlükle sonuçlanmaktadır.**
- Prematüre Retinopatisi Uluslararası Sınıflandırması (ICROP), hastalığın kapsamını ve şiddetini değerlendirmek için standart bir sistem sağlar; dört ana özelliğe bakar: **bölge, evre, yaygınlık ve artı hastalığın varlığı**
- Son zamanlarda, yapay zeka derin öğrenme teknolojilerini kullanan otomatik teknikler, retrospektif veriler kullanılarak ROP tanısı için doğrulanmıştır, **ancak gerçek dünya ortamında henüz tam olarak doğrulanmamıştır**
- Şu anda ROP'a odaklanan DL algoritmaları **artı hastalığı ayırmak** için tasarlanmaktadır. Bununla birlikte, farklı derecelerdeki ROP'un ve agresif posterior ROP gibi diğer durumların saptanmasını sağlayacak daha sezgisel sistemler henüz geliştirilmemiştir.
- **DeepROP**, "normal", "minör ROP" ve "şiddetli ROP" etiketli görüntülerle oluşturulmuş geniş bir veri tabanı üzerinde eğitilir; tanımlama ve sonraki sınıflandırma için bulut tabanlı bir platformda **iki CNN** kullanılır

ROP

- **i-ROP-DL**, artı hastalığı tespit etmek ve retinal vasküler anormalliğin ciddiyetini 1-9 ölçeğinde ölçmek için derin öğrenmeyi kullanır.
- **DeepROP** ve **i-ROP-DL**, ROP taramasını ve tanısını iyileştirmek için CNN'leri kullanan yalnızca iki sistemdir.
- Bireysel görüntülerin yeterli kalitede olup olmadığını otomatik olarak tanıyan bir yazılım geliştirilmektedir

PEDİATRİK OFTALMOLOJİ

- Pediatrik oftalmolojide AI tabanlı uygulamalarda yakın zamanda genişleme gösteren diğer alanlar arasında pediatrik **katarakt** tespiti, **katarakt sınıflandırması**, katarakt ameliyatı sonrası komplikasyonların tahmini, **şaşıklık** tespiti, potansiyel **yüksek miyopi gelişiminin tahmini**, fundus damar segmentasyonu ve görsel yer almaktadır.

GÖZ HAREKET BOZUKLUKLARINDA YAPAY ZEKA

- AI teknikleri, oküler motor verilerini modellemek veya konjenital nistagmusla ilgili özellikleri tahmin etmek için tanımlanmıştır .
Pediatrik oftalmolojide şaşılığın saptanması veya tanınması için DL'yi kullanan daha yeni ve ileri teknikler planlanmaktadır.
CNN'ler, yüksek hassasiyet ve özgüllükle göz izleme verilerindeki (%95 doğruluk) yanı sıra retinal çift kırılma taramasından (%100 doğruluk) sapmalardan şaşılığı tespit edebilir.
- **Algoritmanın belirlenen çıktısı, bir göz doktoruna yinlendirilip yönlendirilmeyeceğiydi.**

Hem **teleoftalmoloji** hem de **klirik şaşılık** tanısına yardımcı olan, göz versiyonlarını dokuz bakış pozisyonunda konumlandıran ve sınıflandıran yapay zeka destekli bir **mobil platform tanımlanmıştır**

Pediatric katarakt

- **CC-Cruiser**, konjenital katarakt (Long, Lin—Nature) hastası olabilecek hastalardan alınan yarık lamba görüntülerini temel olarak tarama yapan, katmanlandıran ve tedavi öneren **bulut tabanlı bir yapay zeka platformudur.**
- **Üç CNN'den oluşur:**
 - (1) potansiyel kataraktlı hastaları tarayıp tanımlayan,
 - (2) opaklık alanı, yoğunluk, konum ve risk sınıflandırmasına göre hastalığın ciddiyetini (lens opaklığı) değerlendiren ve
 - (3) tedavi önerisi sunan cerrahi veya risk sınıflandırmasına dayalı olarak takip.

RETİNA HASTALIKLARI

- Oftalmolojide **yapay zeka**, bir durumu teşhis edebilen büyük miktarda görüntü içerdiğinden **en çok retina alanına** odaklanmıştır
- DL'de en yaygın kullanılan algoritma, evrimsel sinir ağlarıdır (CNN'ler)
- Oftalmik bir hastalığın teşhisine yönelik ilk AI özellikli tarama cihazı olan **IDx-DR'nin, Nisan 2018'de** onaylanmıştır.

DİYABETİK RETİNOPATİDE YAPAY ZEKA

- Algoritmaların çoğu için en önemli belirleyici, sevk edilebilir diyabetik retinopatinin (RDR) tanımlanmasıdır
- **Google AI Healthcare'den** Gulshan ve meslektaşları, mükemmel teşhis performansına sahip bir **DL sistemi** bildirdi. Sistemleri 128.175 retinal görüntü kullandı ve 54 ABD lisanslı oftalmolog ve oftalmoloji asistanından oluşan bir panel tarafından DR ve DME açısından derecelendirildi. Kamuya açık veritabanlarından alınan yaklaşık **10.000 görüntüden** oluşan bir test veri seti, yedi sertifikalı göz doktoru tarafından analiz edildi. Alıcı çalışma karakteristik eğrisinin **(AUC) altındaki alan, her iki veri tabanı için de 0,991'e yakındı**

DİYABETİK RETİNOPATİDE YAPAY ZEKA

- **IDx, 2018'de DR'de tarama için kullanılan ABD-FDA onaylı ilk yapay zeka cihazıdır.**
Topcon NW400 fundus kamerası ile kullanılır.
- 900 yetişkin diyabetlinin katıldığı çok merkezli bir çalışmada %87,3 ve %89,5 duyarlılık ve özgüllük tespit edildi.
- Cihaz tarama kararı alabildiği için göz doktoru olmayanlar tarafından da kullanılabilir.
- Eyenuk'un **EyeArt™ ürünü**, DR taramasına yönelik yapay zeka algoritmalarını eğitmek için **EyePACS** tele-tarama sistemini kullandı ve sırasıyla %90 ve %63,2 duyarlılık ve özgüllük gösterdi. Mikroanevrizmaları da %100 hassasiyetle tespit etti. Sistem, 5084 hastadan alınan 40.542 görüntüyü kullandı.
- **Google Health** ayrıca diyabetik retinopati için bir DL ağını eğitmek amacıyla bilim adamları tarafından birleştirilen **128.000 görüntüden oluşan bir veri kümesi** oluşturduğunu da bildirdi.
- OCTA da vasküler değişikliklerin belirlenmesinde DL algoritmalarının uygulanmasını çalışan yalnızca birkaç rapor bulunmaktadır.

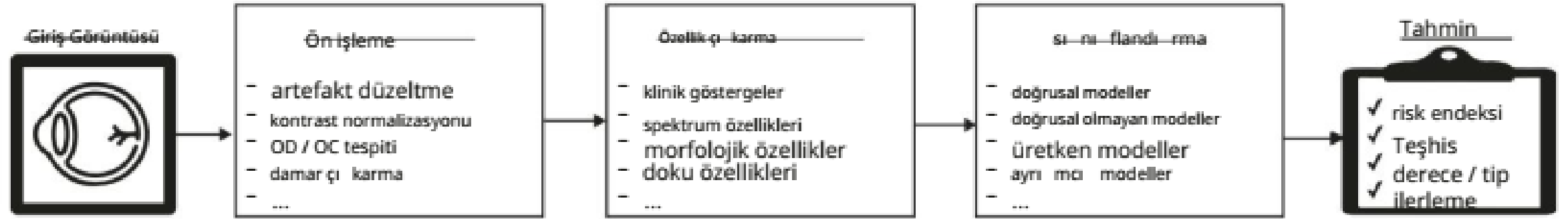
AMD YAPAY ZEKA

- DL sistemi, hızlı erişimli 'sanal klinikler' oluşturmak ve maküler hastalığı olan hastaların önceliklendirilmesine yardımcı olmak, sevk sistemini güçlendirmek ve böylece **üçüncü düzey sağlık kurumları üzerindeki aşırı yükü azaltmak için uygulanabilir**. Bu triyaj sistemlerini kırsal ortamlardaki optometristlerde kullanılabilir ve yönlendirmelere yardımcı olabilir .
- DL mimarisi açısından hem **AlexNet**[®] hem de **OverFeat**[®] kullanılmış (bunların her ikisi de CNN'dir), AlexNet daha iyi bir performans sağlamıştır.
- Bogunovic ve ark., tedavinin başlatılması sırasında alınan OCT taramalarından **anti-VEGF tedavi ihtiyaçlarını** tahmin etmek için bir makine öğrenme algoritmasını değerlendirdiler. Ancak bu bir pilot çalışmadır ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.
- FDA yakın zamanda piyasada bulunan ve yönlendirilebilir AMD'yi %88 doğrulukla tespit edebilen bir DL tarama aracı olan **iPredict AMD'yi** onayladı.

- AMD
- **Burlina ve ark.** ARMD'yi tespit etmek ve derecelendirmek için derin öğrenmeyi kullandı. Bir takip çalışmasında YBMD'yi Yaşa Bağlı Göz Hastalığı Çalışması (AREDS) Şiddet Ölçeği'ne göre sınıflandırmak için derin öğrenmeyi kullandılar ve yumuşak tahmin, kesin tahmin ve DL tabanlı beş yıllık ilerleme riskini tahmin ettiler. **%3,4-5,8 hata payı** ile doğru tahminlerde bulundu.
- **DeepSeeNet**, başlangıçta ARMD risk faktörlerini hesaba katarak ve ardından AREDS Basitleştirilmiş Şiddet Ölçeğine göre sınıflandırır.

GLOKOM

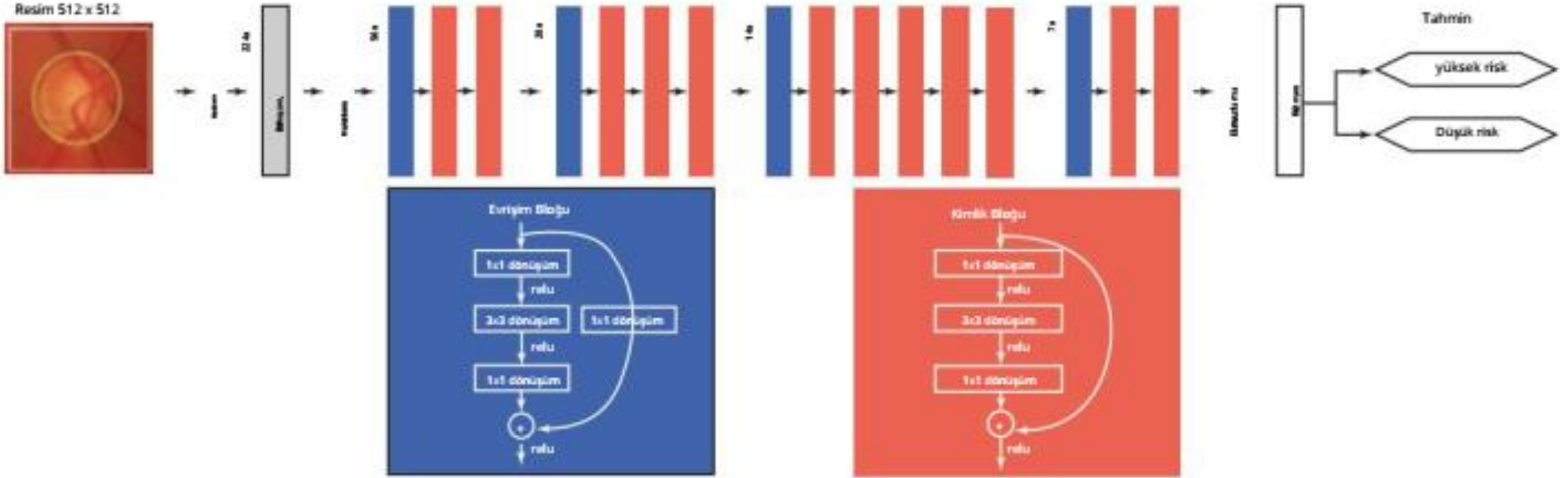
- Glokom, ilerleyici optik sinir dejenerasyonu ve retinal ganglion hücrelerinin (RGC) kaybıyla karakterize bir grup optik nöropatidir. Semptomlar ortaya çıktığında, retinal ganglion hücrelerinin %30-50 kadarı kaybedilebilir bu da geri dönüşü olmayan görme alanı (VF) kaybıyla birlikte yaşam kalitesinde azalmaya sonuçlanır.
2040 yılında 110 milyon kişiyi etkileyeceği tahmin edilmektedir. Yapay zeka, glokomun tanınması, teşhisi ve sınıflandırılmasında devrim yaratmaya yardımcı olabilir.
- Ting ve ark. **125.189 fundus fotoğrafından** oluşan bir veri tabanını analiz etmiş ve **%96,4 duyarlılık ve %87,2 özgüllük** bildirmiştir.
- Ayrıca bilgisayarlı görme alanı ve OCT verileri kullanılarak yapay zeka uygulamaları geliştirilmekte, her iki muayene cihazından elde edilen verilere dayanarak hastaları değerlendirebilen programları açıklayan çalışmalar da yayınlanmaktadır.



Şekil 6.1 Glokom sınıflandırmasına yönelik klasik makine öğrenimi metodolojisinin şeması

Glokomda Derin Öğrenme Modelleri

- Tipik bir derin evrişimli sinir ağı (CNN) modeli, girdi olarak yalnızca piksel değerlerini kullanır ve görüntülerden kategorik etiketlere veya sürekli değişkenlere kadar uçtan uca doğrudan eğitebilir.



Şekil 6.2 Liu ve arkadaşları tarafından açıklanan bir glokom tarama sisteminden türetilen DL modelinin mimarisi. [15]

GLOKOMDA YZ UYGULAMALARI

- **TESBİT:** Retinal görüntülerde OD ve OC'yi segmentlere ayırmak ve CDR'yi hesaplamak için çeşitli AI tabanlı teknikler geliştirilmiştir. **U-Net**'i temsil etmektedir. en son teknolojidir
- OD/OC segmentasyonu ve glokom sınıflandırmasında farklı algoritmaları karşılaştırmak için standartlaştırılmış bir değerlendirme çerçevesi öneren uluslararası Retinal Fundus Glokom Mücadelesi (REFUGE) idi.
- **VGG** ve **ResNet mimarileri**, yapısal görüntüleme veri analizi için en popüler sinir ağı modelleri arasındadır. Goldbaum ve ark., VF tabanlı glokom tanısı için iki glokom uzmanıyla karşılaştırılabilir performansa ulaşan ilk sinir ağı modelini önerdi. Bir başka model VF verilerini kullanarak glokomlu vakaları glokomlu olmayan vakalardan ayırmak için **VGG-16 mimarisini** temel alan bir DL modeli önerdiler.
- **PROGNOZ:** Glokomun ilerlemesini öngörebilecek yaygın olarak kabul edilmiş klinik testler yoktur ve değerlendirme büyük ölçüde klinisyenlerin uzmanlığına ve deneyimine bağlıdır ve genellikle birden fazla klinik ziyareti gerektirir.
- **Arketip analizini** kullanan Wang ve ark. farklı arketiplerle ilişkili ağırlık katsayılarındaki değişim oranını hesaplamak için bir yöntem geliştirdi ve seri testlerle geniş bir kohorta dayalı bir tahmin modeli oluşturdu. Bu model, glokom ilerleme tahmininde **0,77'lik bir doğruluğa** ulaştı.

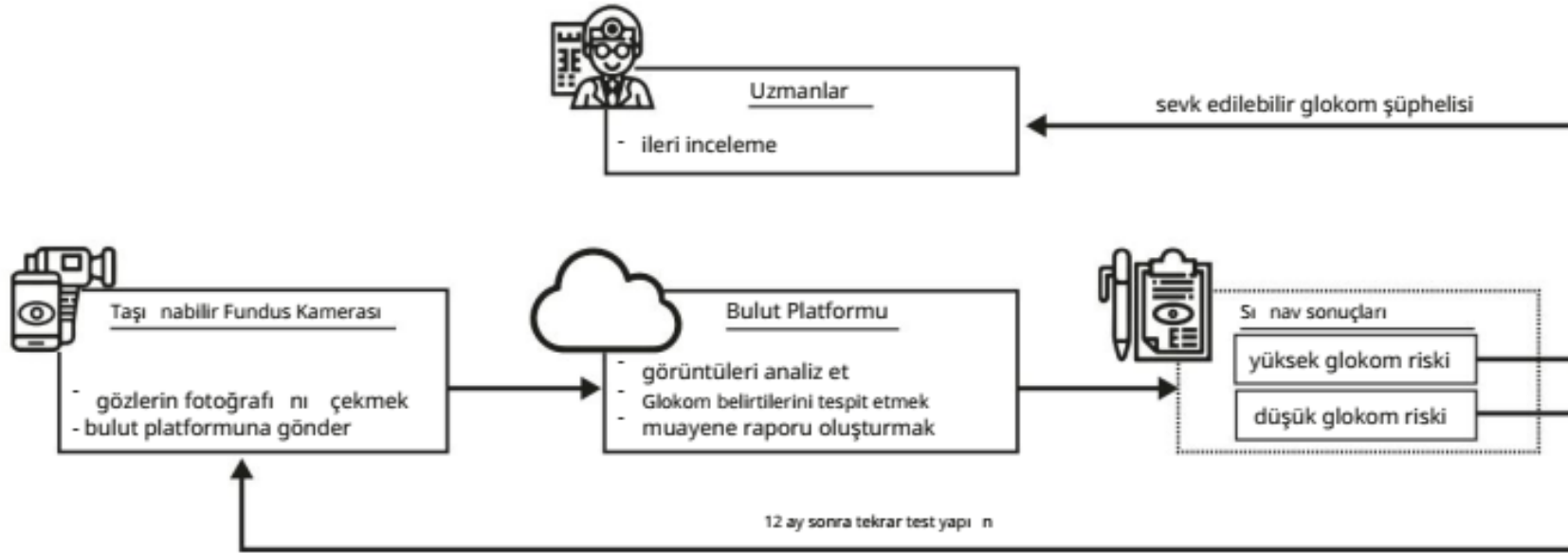
GLOKOMDA YZ ZORLUKLARI

- Glokom, referans standartları iyi anlaşılmış diyabetik retinopati gibi hastalıklara benzemez. Glokom hastalarının değerlendirilmesinde klinisyenler (göz doktorları ve hatta glokom yan dal uzmanları) arasında anlaşmazlıklar olabilir. Numuneler son derece homojen olsa bile, farklı klinisyenler arasındaki anlaşmazlık temel doğruluk etiketlemede farklılıklara neden olabilir ve bu daha sonra eğitim sırasında yayılacak ve modelin çıktısında yanlılığa yol açacaktır.
- **Dünya Glokom Derneği ana özellikleri tanımlayan bir fikir birliği belgesi yayınlamış olmasına rağmen erken glokomun doğrulanmış tanısı için yaygın olarak kabul edilmiş bir yöntem yoktur**

Komorbidite ve demografik farklılıklar standart bir yapay zeka uygulamasını zorlaştırmaktadır.

GLOKOMDA GELECEKTEKİ POTANSİYEL GELİŞME VE BULUT PLATFORMU

- İnsanlar daha uzun yaşadıkça, glokom ve yaşa bağlı diğer göz bozukluklarının görülme sıklığının artması nedeniyle toplumda oftalmik hizmetlere olan talep artacaktır.
- Şu anda glokom taramasının hem toplum hem de hastane düzeyinde uygulanması hâlâ pahalıdır. Taşınabilir ekipman ve bulut platformu , birkaç bölgesel ve ulusal diyabetik retinopati tarama projesinde gösterildiği gibi uygun bir çözüm olabilir . Glokom ihtimali yüksek çıkan kişiler ileri tetkik için uzmanlara yönlendirilebilir, aksi takdirde 12 ay sonra tekrar test yapılması önerilecektir.



Şekil 6.3 Glokom taraması na yönelik AI platformunun şematik diyagramı [57]

ARTTIRILMIŞ ZEKA

- Di Ieva'nın **işaret ettiği gibi**, "yapay zekanın insan uzmanlarla rekabet halinde olduğu distopik bir mücadelenin altında yatan korku" vardır ve bu korku, yapay zekayı insanın uzmanlığını geliştirecek bir araç olarak görerek aşılabilir. Bu alternatif görüş, paradigmayı insan ve yapay zekadan **yapay zekalı insana, yani artırılmış zekaya kaydıracaktır.**
- Gelecekte giderek daha fazla klinisyenin yapay zeka kullanmasının beklendiği göz önüne alındığında, yeni nesil klinisyenleri önümüzdeki yapay zeka zamanlarına hazırlamanın yolu, tıp eğitimi dijital dünyaya uyarlamak ve gelişmiş yapay zeka için kapasite oluşturmaktır. AI aracılığıyla karar verme ve öngöründe bulunma **Klinisyenlerin, makinenin verdiği kararı körü körüne takip etmekten kaçınmak için yapay zekanın yetersizliği konusunda dikkatli olmaları da aynı derecede önemlidir.**
- Yapay zeka mühendislerinin bakış açısına göre, klinisyenleri yapay zeka sistemlerinin tüm geliştirme, test etme ve uygulama sürecine aktif olarak dahil etmek için **"döngüdeki insan" yaklaşımını kullanmaktadır.**

AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKA

- Pek çok yapay zeka modeli, özellikle DL modelleri, yorumlanabilirlik sorunu yaşıyor; yani modellerin tahmin mekanizması bilinmiyor ve yapay zekanın belirli bir karara nasıl ulaştığını açıklayamıyoruz. Açıklanabilir yapay zekanın faydaları çok yönlüdür; örneğin modellere olan güvenimizi artırabilir; Özellikle, fundus fotoğrafları ve OCT taramaları için birçok gelişmiş yapay zeka modeli, görüntülerdeki şüpheli patolojileri veya belirgin alanları **görselleştirebilmektedir**.
- Açıklanabilir yapay zeka modellerini sürekli olarak geliştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulacaktır.

NÖROOFTALMOLOJİDE YAPAY ZEKA

- Yapay zeka teknikleri arasında makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL), gözün ön segmentinden en arka segmentine kadar çeşitli oküler rahatsızlıkların teşhisinde başarılı olmuştur
DL algoritmaları tarafından otomatik olarak tespit edilen en yaygın oküler hastalıklar arasında **diyabetik retinopati**, **glokom** ve **yaşa bağlı maküla dejenerasyonu** yer alır
- nöro-oftalmolojik durumların tedavisi bir yana, yapay zekaya dayalı tespitteki büyük ilerlemelerden mahrum kalmıştır.
- modern nöro-oftalmoloji, yalnızca oftalmologları ve nörologları değil aynı zamanda nöro-radyologları, beyin cerrahlarını, nöro-otologları, nöroimmünologları, genetikçileri ve nöropatologları da birbirine bağlayan bütünleştirici bir tıbbi disiplin haline geldi.

DİSK ANOMALİLERİ

- optik sinir lezyonları şişlik, solgunluk, çukurlaşma (örn. glokomda) veya infiltrasyon gibi gözle görülür disk değişikliklerine neden olurken, retrobulber optik nörit gibi diskin distalindeki diğer lezyonlar akut aşamada ilişkili değildir.

DİĞER OFTALMOLOJİK UYGULAMALAR

- Ön segment, glokom ve retina hastalıklarıyla ilgili önceki bölümlerde de tartışıldığı gibi, yapay zekanın (AI) dokunmadığı **neredeyse hiçbir göz alanı kalmıyor**.
- Daha yakın zamanlarda, etkileyici sonuçlar elde etmek için evrimsel sinir ağları (CNN'ler) gibi derin öğrenme (DL) yöntemleri geliştirildi. Bu yaklaşımda, **DL algoritmaları** manuel ön işlemeyi atlayabilir ve denetimsiz bir yaklaşımla öğrenebilir, böylece **daha hızlı, daha verimli ve çoğu zaman daha doğru analizlere olanak tanır**.
- **Patolojide uygulanması**
- Yapay zekanın oküler patolojide spesifik, doğrulanmış uygulamaları henüz geniş çapta tanımlanmamıştır. Ancak patoloji görüntüleri doğal olarak derin öğrenme tekniklerine ve kullanımına uygundur. Oftalmik histopatoloji slaytlarına ilişkin veri kümesi genişledikçe yapay zekanın oküler patolojide de tamamlayıcı bir rol oynaması yalnızca zaman meselesidir.

Kalıtsal retinal bozukluklar (IRD)

- IRD, derin öğrenme uygulamalarına yönelik gelişen bir araştırma ve geliştirme alanıdır. Retina distrofilerinde yer alan 250'den fazla gen ve 300 gen ve lokus halihazırda tanımlanmış olup, diğerlerinin yanı sıra yeni ortaya çıkan gen tedavileri ve farmakolojik ajanlar için kapıyı açmıştır. Bu uygulamalar, IRD gibi özel uzmanlığın az olduğu ve görülme sıklığının düşük olması nedeniyle sınırlı bilgiye yol açan koşullar için özellikle değerli hale gelir. **Klinik tanıları daha iyi artırmak için genetiğin genel taramaya da dahil edileceğine şüphe yoktur.**

Teletıp uygulaması

- Tele-oftalmolojideki yapay zeka uygulamaları, göz bakımı hizmetini dönüştürme gücüne sahiptir. **Bakıma erişimin arttırılması, hastalar, hizmet sağlayıcılar ve ödeme yapanlar için maliyet tasarrufu ve sağlayıcı yükünün azaltılması**, teleoftalmolojinin getirdiği pek çok faydadan sadece birkaçıdır. Tele-oftalmoloji hizmetleri için **üç dağıtım yöntemi** tanımlanmıştır:
- **Asenkron:** Bu "**saklama ve iletme**" tekniği, bir bölgedeki klinik bilgileri (yani görüntüleme taramalarını) yakalar ve klinik değerlendirme için başka bir yere (yani göz doktoruna) gönderir. **Bu yöntem halihazırda diyabetik retinopatide yaygın olarak kullanılmaktadır**
- **Senkron:** Bu yöntem, hastalar ve oftalmologlar arasında çeşitli iletişim kanalları (örn. görüntülü sohbet, telefon görüşmesi, akıllı telefon uygulaması) **aracılığıyla gerçek zamanlı bir teletıp etkileşimi sağlar**. Senkron tele-oftalmoloji hizmetleri, pek çok acil bakım merkezinde ve acil servislerde başarıyla uygulanmakta olup, burada güçlü göz bakımı hizmetlerine sahip olmayan merkezlere anında uzaktan oftalmik triyaj hizmetleri verilmektedir
- **Uzaktan izleme:** Bu dağıtım şekli, sağlayıcıların hastaları evde veya uzaktan izlemesine olanak tanır. **Göz içi basıncı (GİB) kontakt lensleri**, GİB evde izleme cihazları, GİB sensörleri, **görme alanı cihazları** ve **yaşa bağlı makula dejenerasyonu (AMD) cihazları**, klinik yönetimi güçlendirmek için yakalanan verileri sağlayıcılara otomatik olarak ileten bu tür cihazların örnekleridir

Teletıp uygulaması

- **İdari iş yükü:** Yapay zeka programları, akıllı planlama, otomatik fatura oluşturucular, hasta takibi ve sigorta talep yönetimi yoluyla idari yükü azaltır. Birkaç **Alman sağlık sigortası şirketi hasar yönetiminde** yapay zekayı uygulamaya koydu ve ilk tahminler sağlık sigortacılarının bu teknolojiyle yılda 500 milyon Euro tasarruf edebileceğini gösteriyor.
- **Robotik ve prosedürler:** Yapay zeka, otomatik hizalama, odaklama ve veri yakalama için kılavuz olarak birçok oftalmik cihazda uygulanmaktadır. Ek olarak yapay zeka, teknoloji ilerledikçe giderek daha yaygın hale gelecek seçenekler olan minimal invaziv cerrahiye, uzaktan cerrahiye ve biomikroskop muayenelerini mümkün kıldı. **Preceyes** cerrahi sistemi ilk başarılı robot yardımlı göz içi cerrahisini gerçekleştirdi. **Da Vinci cerrahi sistemleri** ayrıca **pterjium onarımları** ve **kornea ameliyatlarını** gerçekleştirmek için de kullanılmıştır
- **Teşhis ve tarama:** Yapay zekanın yorumlayıcı ve öngörücü yetenekleri iyi tanımlanmıştır. Bu becerilerin tele teşhis ve tespit için entegre edilmesi, bakıma erişimi büyük ölçüde artırır, oftalmologlara gereksiz ziyaretleri azaltır ve hastalar, sağlayıcılar ve ödeme yapanlar için hem paradan hem de zamandan tasarruf sağlar.
- **Uzaktan izleme:** Daha önce de belirtildiği gibi uzaktan izleme, **tele-oftalmolojinin bir sonraki sınırıdır**. Yapay zeka programları, geniş bireysel hasta bilgilerini tarayabilir ve sağlayıcılara klinik karar verme konusunda yardımcı olabilir.

• Yapay zeka klinik uygulamaları, standartlaştırılmamış süreçler ve sınırlı hakemli yayınlarla hâlâ başlangıç aşamasındadır. Bu nedenle, klinik yapay zeka uygulamaları için süreçlerin standartlaştırılması bir sonraki kritik adımdır

YAPAY ZEKA VE İNSAN GÜCÜ EĞİTİMİ

- Son çalışmalar, **katarakt cerrahisinin farklı aşamalarını ve adımlarını tanımak** için yapay zekanın kullanılabileceğini göstermiştir. Bu, gerçek zamanlı izleme ve yardımla optimize edilmiş cerrahi iş akışına yol açabilir **Bunun gibi sistemler, özellikle kariyerin başlarında cerrahların eğitimi için potansiyel olarak yararlı olabilir**
Mevcut performans sınırlamalarına rağmen **VEBIRD** (Video Tabanlı Akıllı Tanıma ve Karar sistemi) gibi yenilikçi algoritmalar, **fakoemülsifikasyon sırasında ultrason gücünün kalibrasyonu için robotik cerrahinin bir parçası olarak uygulanma potansiyeline sahiptir**

- Cerrahi eğitime ek olarak, bu algoritmalar cerrahi inceleme için ve potansiyel olarak **ICO-OSCAR** yönergeleri gibi standart yönergeler kullanılarak cerrahi eğitimin akreditasyonu sağlanabilir

YAPAY ZEKA UYGULAMASINDAKİ DEĞERLER VE TUZAKLAR

- Yapay zeka, oftalmoloji de dahil olmak üzere tıp alanında potansiyel bir **oyun değiştiricidir**. Veri seti ve doğrulama setindeki eğitim görüntülerinin tam sayısı **standartlaştırılmadığından** oftalmoloji uygulamalarında yapay zeka için zorluklar mevcuttur.
- **Yapay zeka sağlık sektörü için büyük bir nimettir**. Ancak makinelerin maliyeti yüksek olabiliyor ve bu makineleri üreten medikal firmaların çıkar çatışmaları olabiliyor. Bu potansiyel sorunu incelemek ve teknolojinin, satın alma gücü düşük olan nüfuslar da dahil olmak üzere herkesin erişimine açık olduğundan emin olmak son derece önemlidir.
- **Yapay zeka hatasız bir teknoloji değildir** ve ciddi hastalığı olan ve tespiti gözden kaçabilecek hastalar olabilir. Yüksek doğruluk oranlarına sahip algoritmalar, hastalık tespitinde nispeten yüksek yanlış negatiflik oranlarına sahiptir ve bu da teşhisin azalmasına neden olabilir. Özellikle retina, ilişkili glokom veya makula dejenerasyonu gibi diyabetin bazı hastalık belirtileri gözden kaçabilir.
- Dolayısıyla **bu sorunlar çözülene kadar klinik muayene altın standart olmaya devam ediyor**. Yapay zekanın geleceği olmasına rağmen, bazı sınırlamaları ve riskleri de beraberinde getiriyor. **İnsan iş gücünün, becerisinin, klinisyenlerin teşhis yeteneklerini kaybetme noktasına kadar azalması riski vardır.**
- **Gelecekte yapay zeka, bilgisayar tabanlı teşhis ve yönetim araçlarına dahil edilecek.**
- Bu özellikle sağlık hizmetlerine sınırlı erişimi olan kırsal kesimdeki, ayrıcalıklı olmayan nüfuslarda yararlı olacaktır. Dahası, yapay zeka ile ilişkili sistemler sağlık sektöründeki sosyal eşitsizlikleri azaltmanın önemli bir yolu olarak görülüyor.

Zorluklar

- Yaygın yapay zeka uygulaması gelecekte **önemli zorluklarla** karşı karşıyadır. Tarafsız, tekrarlanabilir ve doğru sonuçlar veren programlar oluşturmak için eğitim ve test setlerinin geniş, çeşitli ve klinik olarak doğrulanmış olması gerekir. Bu veritabanlarını oluşturmak zaman, işbirliği ve sabır gerektirir.
- Ek olarak, yapay zeka algoritmalarının "**kara kutu**" niteliğinden kaynaklanan sağlayıcı tereddütleri, geniş çapta benimsenme ve uygulamaya yönelik gerçek bir tehdit olmaya devam ediyor. Ek araştırma ve sağlayıcı eğitime ihtiyaç vardır.

Büyük veri ekonomisi

Büyük Veri, **John Mashey** tarafından popüler hale getirilen ve geleneksel veritabanı ve yazılım teknikleri kullanılarak **işlenmesi zor olan büyük veri kümelerini tanımlamak** için kullanılan bir terimdir

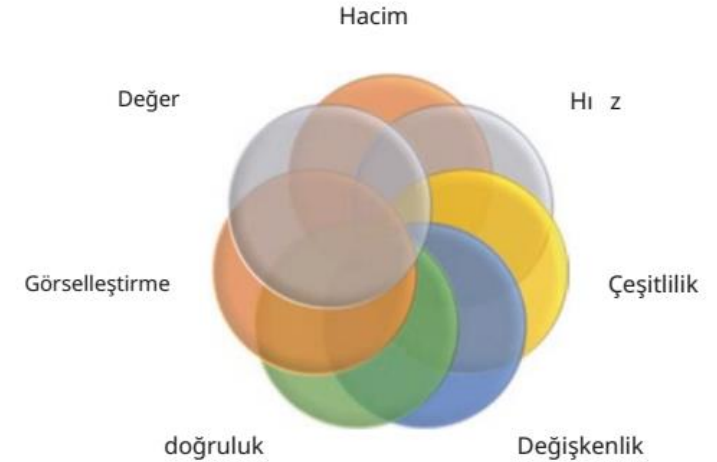
Veri madenciliği, makine öğrenimi, istatistik ve veritabanı sistemlerinin kesişimindeki yöntemleri içeren büyük veri kümelerinde desen bulma süreci olarak tanımlanır.

Blockchain, eşler arası bir ağ aracılığıyla kriptografi kullanılarak bağlanan, büyüyen kayıt listesini ifade eder. İki taraf arasındaki işlemleri doğrulanabilir ve kalıcı bir şekilde verimli bir şekilde kaydedebilen açık, dağıtılmış bir defter olarak çalışır.

Büyük veriye giriş

- Her ne kadar büyük veri ve makine öğrenimi karmaşık görünse de, tüm veri analizlerinde kullanılan geleneksel istatistiksel modellerle yakından ilişkilidir
- **7 boyut**
- Veri bilimcileri büyük verileri üç, dört ve bazen yedi boyutta tanımlar: Hacim, Hız, Çeşitlilik, Doğruluk, Değişkenlik, Görselleştirme ve Değer, Hacim, Çeşitlilik ve Hız,
- Laney tarafından önerilen orijinal üç boyut iken diğerleri IBM, SAS ve Oracle tarafından eklenmiştir

Şekil 10.2 Büyük verinin yedi boyutu



Büyük veri ne kadar büyüktür?

- **Bugünün büyük verilerinin yarının küçük verileri olabilecek**
Meta veriler, diğer verileri tanımlayan verilerdir. Büyük verileri düzenlemeye yardımcı olan **anahtar kelimeler** olabilir. Tanımlayıcı, yapısal ve yönetsel meta veriler olabilir.
- **Tanımlayıcı meta veriler**, bir kaynağı kimin oluşturduğu, neyle ilgili olduğu ve neleri içerdiği hakkında bilgi verir.
- **Yapısal meta veriler**, verilerin nasıl organize edildiği ve içinde bulunduğu yapı hakkında bilgi verir.
- **Yönetsel meta veriler** ise kaynakların kökeni, türü ve erişim hakları hakkında bilgi verir.
- Dolayısıyla büyük veri ekonomisi bilgi ekonomisinin doğal bir uzantısıdır. Bilgi ekonomisinin önerdiği gibi, bilginin parasal değeri fırsat yaratacak şekilde sunulmalıdır. Bu nedenle, büyük veri ücretsiz değildir çünkü risk değerlendirmesi için onu araştırmak ve analiz etmek için çok fazla yatırım gerekmektedir.
Büyük veri herkes için aynı değildir.

Büyük veriye başlamak

- **Hangi Verilere İhtiyaç Var?** Görme keskinliği, kırılma, göz içi basıncı, kornea kalınlığı ve oküler biyometri gibi parametrelerin analizi çok daha kolaydır. **Bu çoğunlukla yapılandırılmış verilerden oluşur.**
- Büyük veri teknikleri ve makine öğrenimi, tıbbi kayıtlardan ve fundus fotoğrafları, optik koherens tomografi ve flüoresan anjiyografi gibi araştırmalardan elde edilen yapılandırılmamış verilerin analiz edilmesinde faydalı olacaktır.
Verileri Nereden Alırsınız? Çoğu büyük hastane ve araştırma kurumu artık geliştirilmiş Elektronik Tıbbi Kayıt (EMR) sistemlerini kullanıyor. Çoğu EMR'de ilgili bilgiler sistemden kullanılabilir bir formatta dışarı aktarılabilir. Uygun izinlerle bu veriler, araştırmalarla birlikte büyük veri analizi veya ML için kullanılabilir
Verilerle Ne Yapabilirsiniz? Büyük verinin gücünden yararlanılarak çok sayıda denek gerektiren çalışmalar rahatlıkla yürütülebilmektedir.
Verilerin Mülkiyeti Kimin Elinde? Kanunlara bağlı olarak çoğu yerde enstitü, hastaların mahremiyetine saygı göstererek verilerin mülkiyetini korur. Veriler yalnızca açık bir onay ile başka bir kurum tarafından veri analizi için kullanılabilir ve verilerin anonimliği korunmalıdır.
Verilere ve Kaynağına Güvenebilir misiniz? Verilerin doğruluğu kaynağına bağlıdır. Çoğu durumda, verilerin çoğunlukla eksik olduğu veya yanlış girildiği, bazen kopyalandığı ve hatta çelişkili olduğu belirtilmektedir. Verilerin güvenilir olduğundan emin olmak ve veri temizliği sırasında yanlış bilgilerin ortadan kaldırılması için veri girişi noktasından itibaren dikkatli olunmalıdır

Büyük veri güvenliği

- **Verilerin güvenliği çok önemli bir konudur.** Maddi varlıklardan farklı olarak büyük veriler fiziksel olarak tek bir yere kilitlenemez. Verilerin veri sızıntısı veya bilgisayar korsanlığı nedeniyle kötüye kullanılmasını önlemek ve aynı zamanda analizler için erişilebilir olmayı sürdürmek amacıyla verileri şifrelemek ve güvence altına almak için modern veri güvenliği önlemleri kullanılmalıdır. **Sağlık kayıtları mahremiyet sorunları açısından daha da önemlidir.** Tıbbi kayıtların ve diğer hasta bilgilerinin işlenmesiyle ilgili katı kurallar vardır.

Verilerin Kötüye Kullanımı

Verilerin işlenmesinde uygun protokoller ve izinlerle ilgili kurallar vardır ve buna uyulması gerekir. Büyük veri analizi için uygun onayın hastalardan alınan bilgilendirilmiş onam kapsamına dahil edildiğinden emin olmak gerekir ve analiz öncesinde verilerin anonimleştirilmesi gerekebilir.

- **Veri Sızıntıları**

Veriler uygun şekilde korunmazsa yetkisiz kullanıcıların eline geçme olasılığı vardır.

- **Verilerin Hack'lenmesi**

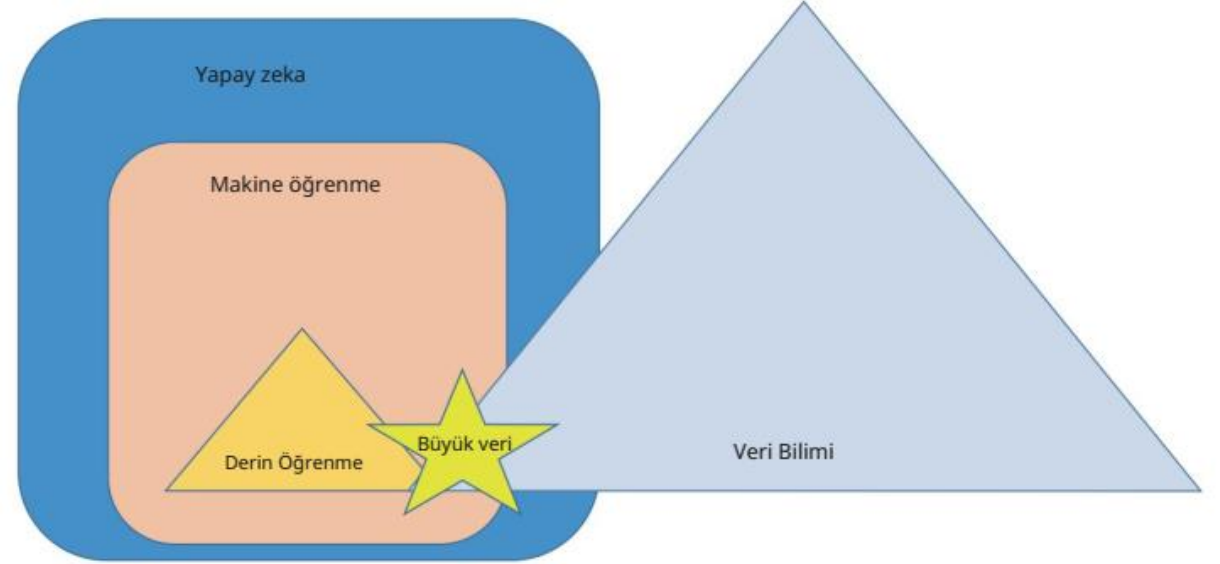
Bunun sürekli izlenmesi ve buna karşı önlem alınması gerekir.

- **Şifreleme**

Parolalar ve şifreleme anahtarları güvenli bir şekilde kullanılmalı ve yalnızca güvenilir personel tarafından kullanılmalıdır

Makine öğrenmede büyük veri

- Makine öğrenimi, bilgisayarların açıkça programlanmadan öğrendiği bir yapay zeka alanıdır. **Büyük veri ve makine öğrenimi, aralarında zayıf bir bağ bulunan bağımsız kavramlardır.**
- ML'nin daha iyi öğrenebilmesi için büyük veri kümeleri gerektirdiğinden, ML'yi büyük verilere uygulayabiliriz (Şekil 10.3). Makine öğreniminde birçok büyük veri analitik tekniği kullanılabilir.



Şekil 10.3 Yapay zeka, makine öğrenimi, veri bilimi ve büyük veri arasındaki ilişki

BLOCKCHAIN

- Blockchain tabanlı büyük veriler değerlidir, yani yapılandırılmış, bol ve eksiksizdir, bu da onu daha ileri analizler için mükemmel bir kaynak haline getirir. Örneğin hastane kayıtlarının ağ üzerinden bir blockchain üzerinde saklanması verilerin bozulma veya kaybolma riskini ortadan kaldırır.
- Teknoloji ilerledikçe büyük veriyi işlemek için gereken donanımlar daha ucuz hale gelecek
- Bu teknolojiler üzerinde çalışan çok sayıda genç mühendis varken, büyük verinin ve makine öğreniminin tüm iş stratejilerinin rutin bir parçası haline gelmesi kaçınılmazdır.

Etik ve YZ: Pandoranın kutusu

- Yapay zekanın çok faydalı olduğu kanıtlanmış olsa da, tanımlanması ve ele alınması gereken çeşitli etik zorluklara sahiptir.

Yapay zeka teknolojisine yönelik mevcut politika ve etik kurallar hâlâ gri bir bölgedir Etik yapay zeka'nın nelerden oluştuğuna ve hangi etik gerekliliklere ve teknik standartlara ihtiyaç duyulduğuna ilişkin net yönergeler yoktur.

- **Primum non nocere (Önce zarar verme), bir doktorun temel ahlaki yükümlülüğüdür.**
- Ancak bu sadece tıbbi yönü değil aynı zamanda hastaların genel yaşam kalitesini de içerir. Doktorlar, her hastanın arzularına ve değerlerine saygı göstererek hastalarının refahını korumak zorundadır.
- Özerkliğe saygı Merriam Webster sözlüğü Özerkliği “kendi kendini yönetme niteliği veya durumu” olarak tanımlıyor. Yapay zeka ile ilgili olarak, özerklik kavramı büyük ölçüde 'beyin-bilgisayar arayüzleri' (BCI) veya gelişmiş veya kablolu beyin ile harici cihazlar arasındaki doğrudan iletişimi içeren 'nöral kontrol arayüzü' (NCI) için geçerlidir; **Nihai hedef, pratik ve etkili BCI modellerine sahip olmaktır.**
- **Adalet:** Adalet ilkesine göre doktorlar, hastalarını yersiz bir riske maruz bırakmadan onların çıkarlarına fayda sağlayacak tedavi seçenekleri önerebilirler. Artık son kullanıcılar için giderek daha fazla BCI mevcut olduğundan, amaçlanan kişinin/hastanın, cihazın tasarım süreci ve bağlayıcı gereklilikler hakkında bilgi sahibi olması açısından bilgilendirilmiş bir onam vermesi zorunludur.

Kara kutu sorunu

- Fundus görüntüsü gibi girdi verileri sağlandığında, büyük bir veri kümesi üzerinde eğitilmiş bir sinir ağı, verilerde altta yatan karmaşık bir modeli bulabilir ve retinopati sınıflandırması gibi bir çıktı üretebilir
Ancak bunu nasıl yaptığı açıklanamıyor
- Derin sinir ağları her güncellemeyle birlikte giderek daha özerk hale geldikçe, teknolojinin çalıştığı algoritmalar hem birincil geliştiriciler hem de son kullanıcılar için daha az anlaşılır hale geliyor

Olası Yasal Çözüm: Yapay Zeka Kişilik

- Yapay olarak akıllı bir makineye 'kişilik' verilirse ve makine yasa kapsamında bağımsız bir 'kişi' olarak kabul edilirse, bu, makine 'asıl' olarak görüleceğinden, vekaleten sorumluluğun analizi için önemli olan soruları çözer. Bu senaryoda, yapay zeka sistemi **yarı tüzel kişi olarak kabul edilecek** ve diğer doktorlar gibi muamele görecektir.
- Bu modele göre, hasta bakımı için kullanılan kara kutu yapay zeka teknolojilerinin uygun şekilde değerlendirilmesinde yeterli önlemleri almada başarısız olmaları durumunda, **zarar görme sorumluluğu sağlık profesyonellerine ait olacaktır.**
- Tıbbi personel, yapay zeka sistemlerini denetlemek ve eleştirel bir şekilde değerlendirmek ve hastalarla olası hatalar gibi yapay zekanın özelliklerini tartışmak üzere eğitilmelidir. Yapay zekanın herkese fayda sağlayacağı arzu edilen bir toplumsal hedefe ulaşmak için bir **yapay zeka sisteminin kamu güveni üzerine inşa edilmesi gerekir.**
- Bu nedenle, yapay zekaya dayalı sağlık rehberliğinin yararlarını ve dezavantajlarını daha iyi anlamak için **tüm bireylerin yapay zekadan temel beklentiler konusunda da eğitilmesi gerekir.**

Veri gizliliği

- Asırlık atasözü '**Garbage in, Garbage Out**', 'Çöp içeri, Çöp dışarı', yapay zeka için de verileri destekliyor. Ancak **verilerin gerçek sahibinin kim** olduğu sorusu ortaya çıkıyor; hasta mı (kaynak), sistem mi (toplayıcı) yoksa geliştirici mi (ham verinin analisti)?
- Bir yapay zeka algoritması yalnızca küçük gruplara ait verileri analiz ettiğinde başka bir sorun ortaya çıkar; örneğin nadir hastalıklar göz önüne alındığında, bireysel hastaları tanımlama riski artar. Bir bireyin sağlığına ilişkin verilerin değerinin, bireyin bu verilerin herkesin iyiliği için kullanılmasına ilişkin rızayı geri alma hakkından daha önemli olup olmadığı konusunda net bir fikir birliği mevcut değildir.
- **Tıbbi olmayan araştırmacıların**, şeffaflık, gizliliğin korunması ve olumsuz etkilerin en aza indirilmesi dahil olmak üzere etik tıbbi araştırmanın temel ilkeleri konusunda bilgilendirilmesi gerekmektedir.

Hekimi by-pass etmek

- Otonom teşhis ve olası yönetim seçenekleri sunan bu tür ürünlerin 'uygulama lisansı' yoktur veya herhangi bir düzenleyici kurum tarafından onaylanmıştır. 'Kullanıcı sözleşmesi', 'bilgilendirilmiş onam' ile aynı şey olmadığı için **tazminat konusunda** haklı bir endişe bulunmaktadır.

Sonunda yapay zeka sisteminden gelen kötü tavsiyelerin **sonuçlarıyla uğraşmak zorunda kalacak** olanlar **klinisyenler olacak!**.

- Hangi yapay zeka sistemlerinin yakından izleneceğine kim karar veriyor? Yapay zeka programları dinamiktir ancak mevcut düzenleyici ortam insanları, ilaçları, cihazları, prosedürleri veya kurumları statik bir bağlamda onaylar veya onaylamaz. Üstelik yazılımın sık sık güncellenmesi bireylerin kabul ettikleri hizmet şartlarını takip etmelerini daha da zorlaştırıyor.

Siber Güvenlik

- Şu anda, hem resmi hem de profesyonel kurumlar tarafından yapay zekanın uygun kullanımına ilişkin birçok yeni kılavuz yayınlanıyor, ancak bunların evrensel olarak kabul edilen kurallar ve sınırlamalar altında birleŐtirilmesi gerekiyor.

Zorluklar

- Sorumluluk yönetimine ilişkin potansiyel etik ve yasal sorunlar, aşırı algoritma kullanımı nedeniyle klinik becerilerde azalma, özellikle azınlıklar için uygun olmayan veri temsili, kişisel mahremiyet eksikliği, aşırı testlerden kaynaklanan 'biyolojik işaretleme' ve algoritma sonuçlarının yetersiz anlaşılması (AI black kutusu)
- Bu sorunlar yapay zeka algoritmalarının konuşlandırılmasını ve kabul edilmesini engelleyebilir

SONUÇ

- Yapay zeka birçok alanda yardımcı olarak kullanılacaktır ancak **bir takım aşamaları göstermeden geçip sonuç verdiği için Tıp eğitiminde ve donanımlı hekimlerin yetişmesinde eksiklik** olacak ve **YZ ya bağımlı doktorlar yetişecektir.** Hangi patolojilerin bu sonuca neden olduğunu bilmeden eksik yetişmiş olacaklardır. **Bu durum hekimliğin teknisyenlik boyutuna indirgenmesine neden olacaktır.**
- **Gelecekte Hekimlik kavramı ve içeriği de değişecektir.** Sağlık alanında Yeni bir meslek grubu ortaya çıkacaktır.

TEŐEKKÜRLER

