Yapay Zekanın Tıbbi Görüntüleme Teknolojilerine Etkisi

The Impact of Artificial Intelligence on Medical Imaging Technologies

Mana SEZDİ[1], Necdet Tuğrul ARTUĞ[2]
[1]Biyomedikal Cihaz Teknolojisi Programı, TBMYO, İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye
mana@iuc.edu.tr

[2]Elektrik Programı, TBMYO, İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye
tugrul.artug@iuc.edu.tr

***Özetçe*—Yapay zeka, tıbbi görüntüleme uygulamalarında hastalıkların erken teşhisi, uzmanların iş yoğunluğunun azaltılması, çelişen uzman görüşlerinin karara bağlanması gibi nedenlerle tercih edilmektedir. Bu bildiri, tıbbi görüntüleme alanındaki yapay zekanın artan ve yeniden şekillenen etkisini araştırmakta ve bu gelişen teknolojilerin tıbbi teşhis ve tedaviyi nasıl iyileştirebileceğini açıklamayı amaçlamaktadır. Tıbbi teknolojinin ilerlemesinde kritik bir rol oynayan yapay zeka, tıbbi görüntülerin analizinde ve anlamlandırılmasında üstün yetenekler sergiler. Yapay zekanın tıbbi görüntü işleme alanındaki faydaları, teşhis hızını ve doğruluğunu artırma, tedavi etkinliğini artırma ve tıbbi hataları azaltma gibi hususları içerir. Ancak, bu alanda gizlilik, güvenlik ve insan etkileşimi gibi zorluklarla karşılaşmaktadır, ki bunlar yeni teknolojinin başarısını sağlamak için dikkatlice ele alınmalıdır. Bildiri ayrıca, tıbbi görüntü işleme alanındaki yapay zekanın gelecekteki gelişim eğilimlerine de işaret etmektedir.**

Anahtar Kelimeler — yapay zeka; tıbbi görüntüleme; derin öğrenme.

***Abstract*— Artificial intelligence is preferred in medical imaging applications for reasons such as early diagnosis of diseases, reducing the workload of experts, and resolving conflicting expert opinions. This paper investigates the increasing and reshaping impact of artificial intelligence in the field of medical imaging and aims to explain how these developing technologies can improve medical diagnosis and treatment. Artificial intelligence, which plays a critical role in the advancement of medical technology, exhibits superior capabilities in the analysis and interpretation of medical images. The benefits of artificial intelligence in the field of medical image processing include increasing the speed and accuracy of diagnosis, increasing the effectiveness of treatment, and reducing medical errors. However, this field faces challenges such as privacy, security, and human interaction, which must be carefully addressed to ensure the success of the new technology. The paper also points out the future development trends of artificial intelligence in the field of medical image processing.**

Keywords — artificial intelligence; medical imaging; deep learning.

979-8-3315-2981-9/24/$31.00 ©2024 IEEE

I. GİRİŞ

Tıbbi görüntüler kullanılarak yapılacak tıbbi teşhislerde, görüntüleri yorumlayacak uzmanlara destek olmak amacıyla yapay zeka kullanımı, gün geçtikçe artış göstermektedir. Yapay zeka ve tıbbi görüntüleme tekniklerinin birleşimi, daha kesin ve zamanında teşhislere yol açmaktadır. Özellikle görüntü işlemede sunduğu imkanlar ve başarılı sonuçlar nedeniyle yapay zekânın bir alt tekniği olan derin öğrenme, tıbbi görüntülerin analizinde çokça tercih edilmektedir. Derin öğrenme algoritmaları sayesinde yapay zeka, insan gözü tarafından fark edilemeyen potansiyel sağlık sorunlarının işaretlenmesine yardımcı olabilir. Derin öğrenme içeren yapay zeka algoritmalı tıbbi görüntüleme cihazları, tıbbi görüntüleri analiz ederek teşhis süreçlerini otomatikleştirir ve koşulların daha hızlı tespit edilmesini sağlar. Bu sebeple, yapay zekâ kullanılarak oluşturulmuş otomatik tanı sistemleri her geçen gün nitel ve nicel olarak artmaktadır. Bu çalışma, yapay zekanın tıbbi görüntülemede kullanımına ilişkin gelecekte yapılacak çalışmalara temel bir bilgi alt yapısı oluşturmak ve bakış açısını genişletmek amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca bu bildiride, tıbbi görüntülemede yapay zeka kullanımının şu anki ve gelecekteki durumu, sahada karşılaşılan sorunlarla birlikte tartışılmıştır.

Yapay zeka, makine veya sistemlerin sanki birer zeki canlıymış gibi kendilerine verilen görevleri yerine getirmesi olarak tarif edilebilir. Kısaca yapay zekâdaki amaç, "zeki bir canlı gibi davranan makineler geliştirmektir." [1].

Yapay zekanın sağlıkta ilk kullanımı, 1970'li yıllar olsa da yazılı kaynaklarda ilk olarak 1955 yılında Dartmouth Koleji tarafından düzenlenmiş bir konferansta McCarthy tarafından yapay zekanın tıpta kullanılabileceği varsayımının ileri sürüldüğü görülmektedir. Sonrasında neredeyse her bilim alanındaki araştırmacılar, bir araya gelerek yapay zekayı önce kendi bilim alanlarında kullanmaya başlamışlar, daha sonra da kullanım alanlarını multidisipliner bilim alanlarına kaydırmışlardır [2].

Yapay zeka ile birlikte, alt uygulama yöntemleri olan "Makine Öğrenmesi" ve "Derin Öğrenme" de bu çalışmaların içinde yer almıştır. Makine Öğrenmesi, bilgisayarların eldeki veriden kurallar çıkararak kendi kendilerine öğrenmelerini sağlayan bir yaklaşımdır [3]. Makine öğrenmesi yöntemi kullanılarak bilgiler, yapay zekaya aktarılır. Sisteme görseller yüklendikçe yapay zeka görseller arasında ilişkiler kurmaya, onları anlamlandırmaya ve sınıflandırmaya başlar. Bir bakıma yapay zeka radyolojik görüntüleri okumayı öğrenir. Tıpkı beynimizde olduğu gibi yapay zekaya da ne kadar çok görüntü yüklenirse o kadar çok bağlantı kurulur ve daha doğru tahmin edilebilirlik sağlanır. Böylece yapay zeka, yıllardır edinilen tecrübeyi çok kısa bir sürede edinebilir.

Derin Öğrenme ise, görseller arasındaki örüntülerin tanınması, özniteliklerin çıkarımı, sınıflandırılması gibi işlemler için kullanılan bir uygulamadır [4-7]. Derin Öğrenmede yazılımlar sayesinde gerçekleştirilen bu işlemler, tıbbi görüntülerin daha kolay işlenmesine imkan vermektedir [8].

II. TIBBİ GÖRÜNTÜLEMEDE YAPAY ZEKA KULLANIMI

Sağlık sektöründe, tıbbi görüntülerin uzmanlar tarafından incelenmesi ve rapor edilmesi, oldukça zaman alıcı ve emek gerektiren bir prosestir ve dolayısıyla maliyeti de yüksektir. Bu süreç içerisinde, görüntüyü değerlendiren uzman tarafından yapılan yanlış teşhis, hasta için hayati bir hatadır ve bazen geri dönüşü bile imkansızdır [9]. Bu noktada, uzmanlara görüntüleri analiz etmede yardımcı olabilecek yöntemlere gereksinim duyulmaktadır ki, yapay zeka bu anlamda kullanılabilirliğini ispatlamıştır. Makine öğrenme ve derin öğrenme teknikleri ile tıbbi görüntülerin değerlendirilmesinde elde edilen başarılar, hem tıp uzmanlarının hem de mühendislerin ortak çalışmalarının bir sonucudur [10]. Her ne kadar, yapılan bir çok çalışma yüksek doğrulukta sonuçlar vermiş olsa da klinik anlamda kulanılabilirliği henüz netleşmemiştir [10,11].

Yapay zekanın tıbbi görüntülemede kullanılmasına verilebilecek en iyi örneklerden biri, Türk bilim insanları tarafından oluşturulmuş olan Smart Alpha'dır. Akciğer ultrasonu konusunda uzmanlaşmış uygulama, görüntüleme sırasında belirli anatomik yapıların eş zamanlı olarak isimlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca doktora olası hastalıkları önermekte ve bu hastalıkların doğruluk oranını göstermektedir. Evde ve klinikte kullanılabileceği gibi, tıp fakültesi öğrencilerinin eğitiminde de oldukça faydalı bir yöntem olabileceği ifade edilmektedir.

III. KULLANILAN TEKNİKLER

Tıbbi görüntüleme alanında veri miktarının artmasıyla birlikte görüntü işleme alanında makine öğrenmesi yöntemleri yetersiz hale gelmiş, matematiksel modellerin ve donanımların gelişmesi sayesinde derin öğrenme kullanılır hale gelmiştir. Derin öğrenme, sunmuş olduğu modeller sayesinde sağlıkçılarla birlikte çalışmalar gerçekleştirmeyi hedefleyen bir çok mühendislik tabanlı araştırmacıyı bu alanda çalışmaya çekmiştir. Çalışmalar neticesinde güzel ve yeni çalışmalara da öncü olabilecek projeler, yayınlar ortaya çıkmıştır. Tıbbi görüntülerde tercih edilen derin öğrenme yöntemlerinin bazı uygulama örneklerine, segmentasyon, sınıflandırma ve görüntü iyileştirme uygulamaları başlıkları altında aşağıda kısaca değinilmiştir.

A. Tıbbi görüntülerde derin öğrenme ile segmentasyon

Segmentasyon, görüntünün bölümlenmesi anlamına gelir. Bu nedenle, ikinci bir adlandırma olarak bölütleme de denmektedir. Segmentasyon ile görüntüde farklı karakteristik gösteren kısımlar, faklı bölgeler olarak tanımlanır, böylece görüntü bölgelere ayrılmış olur. Bu işlemde en önemli nokta, görüntüyü oluşturan en küçük parça olan piksellerin etiketlenmesidir. Bu etiket bilgilerinden yol çıkılarak, homojen alanlar bir bütün yapı olarak diğerlerinden ayrılmış olur. Örneğin bir organdaki tümörlü ve tümörsüz yapılar birbirinden net bir şekilde ayrılabilir [12]. Tıbbi görüntülerde bu şekilde hastalıklı ve sağlıklı dokunun ayırt edilebilmesi açısından çok büyük bir öneme sahip olan segmentasyon, derin öğrenme teknikleri ile yoğun kullanılmaktadır.

Segmentasyon işlemleri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, böbrek, dalak, pankreas ve karaciğer gibi iç organlarında segmentasyon yöntemi ile görüntüleme yapıldığı anlaşılmaktadır [13-15].

B. Tıbbi görüntülerde derin öğrenme ile sınıflandırma

Tıbbi görüntülerde hastalık tanısı koyabilmek için görüntü üzerindeki farklılıkların yapay zeka kullanılarak tanımlanabilmesi, sınıflandırma yöntemi ile mümkündür. Sınıflandırma ile, doku veya organ içindeki kist, miyom, tümör gibi farklı yapıların belirlenmesi, hatta bu yapıların da kendi içlerindeki farklılıklara göre ayrıştırılması hastalık teşhisinde önemli bir yer tutar. Derin öğrenme ile gerçekleştirilen sınıflandırma işlemlerinde, evrişimsel sinir ağları olarak adlandırılan CNN (convolutional neural network) yapıları kullanılır.

Literatür incelendiğinde, kanserli dokuların yapay zeka ile tespitinde sınıflandırma çalışmalarının meme kanseri üzerinde yoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda, tümörün karakteristiğine ilaveten, daha alt tespitlere kadar inilmiş, lobular carcinoma ve fibroadenoma, yüksek doğrulukla tespit edilmiştir [16]. Meme sitolojisi üzerinden yapılan çalışmalarda, tek CNN yerine 3 CNN mimarisinin (VGGNet, GoogLeNet ve ResNet) birleştirilerek kullanıldığı görülmektedir [17].

2020'li yıllarda tıbbi görüntüleme cihazlarında meme tümörü incelemelerinde CNN yapısıyla birlikte Adaboost Algoritması kullanıldığı ve yine yüksek bir doğruluk elde edildiği görülmektedir [18].

Sınıflandırma tekniğinin en yoğun kullanıldığı diğer bir hastalık tanısı ise, Covid-19 tanısıdır. İlk vakanın görülmesinin ardından çok kısa sürede tüm dünyayı tehdit eden Covid-19, boğazdan alınan örneklerin incelenmesi ile teşhis konulmasının yanı sıra akciğer grafisi ile de bu teşhis doğrulanmaktaydı. Bu amaçla, akciğer görüntülemede kullanılan, röntgen, tomografi veya ultrason görüntüleri üzerinde sınıflandırma tekniği kullanılmıştır. Tomografi görüntülerinde sağlıklı ve hasta akciğeri ayırt etmek için CNN modelinde ROI (region of interest) çalışmaları yapılmıştır [19].

Ultrasonik görüntülerde ise, Covid-19 tanısı için yine sınıflandırma tekniği kullanılmış, X ışınlı görüntüde

COVIDXNet çerçevesi adı verilen yeni bir teknik denenmiştir [21].

C. *Derin öğrenme ile tıbbi görüntü oluşturma ve dönüştürme*

Tıbbi görüntülerde, tanı konulabilmesi için yüksek kalitede görüntüye sahip olunması önemlidir. Ancak bu her zaman mümkün olamayabilir. Böylesi durumlarda, veri eksikliği ortaya çıkmaktadır. Ancak derin öğrenme ile, var olan görüntü deseninden yeni görüntüler elde etmek mümkün olabilmektedir. Böylece, veri yetersizliği ortadan kaldırılarak modellemenin daha doğru yapılması sağlanabilir. Tıbbi görüntüler, üzerinde çalışılacak kadar iyi kalitede olmadığında, analiz işlemleri sekteye uğramaktadır. Böylesi durumlarda, görüntünün düzeltilmesi için yapılan işlemlere, görüntü iyileştirme adı verilmektedir. İyileştirme çalışmaları sırasında, çözünürlük arttırılabilir, gürültü azaltılıp, bulanıklık giderilmeye çalışılır, kontrastın arttırılması hedeflenir.

IV. YAPAY ZEKANIN KULLANIM ZORLUKLARI

Yapay zeka, sağlıkta sunmuş olduğu bir çok avantajın yanısıra, kullanım zorluğunu ortaya çıkaran büyük bir dezanvantaja sahiptir ki bu da sağlık personelinin yapay zeka kullanımının artmasıyla birlikte kendilerine ihtiyaç duyulmayacağı yönündeki endişeleridir. Abdullah ve arkadaşları tarafından hazırlanıp literature sunulan bir çalışmada, Suudi Arabistan'daki bir toplantıya katılan katılımcıların çoğunun, yapay zeka kullanan sistemlerden dolayı ileride kendilerine duyulan ihtiyacın azalmasından endişe ettikleri vurgulanmıştır [22].

Yapay zekanın bir diğer dezavantajı ise, duygusal empatiden yoksun bir tıbbi süreç uygulaması getirecek olmasıdır. Hastanın doktoru ile karşı karşıya gelmesi, sağlık personeli ile hem tensel hem de duygusal iletişimi, hastalıktan dolayı manevi çöküntü yaşamakta olan hasta için kıymetlidir, rahatlatıcıdır. Yapay zeka içerikli sistemlerin, tıbbi görüntüleme sistemlerinde karar verme sürecinde kullanılması her ne kadar hastayı bu anlamda rahatsız etmese de, tıbbi görüntüleme çekimleri sırasında, yine yapay zeka destekli robotik sistemler kullanılacak olursa, bahsedilen duygu eksikliği ortaya çıkacak ve hasta rahatsız olacaktır [23]. Bu konu ile ilgili olarak, literatürde karşılaşılan ve Castagno ile arkadaşlarının kaleme aldığı çalışmada, ankete katılan sağlık çalışanlarından alınan yapay zekaya ilişkin aldığı cevaplar; %80 duygusal yoksunluğa sebebiyet vereceği, %40 nükleer silahtan bile daha telikeli olabileceği ve %10 sağlık personelinin yerine geçebileceği yönündedir [24]. Tüm bunlara karşılık, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), yapay zekanın sağlıkta kullanımı noktasında gerekli düzenlemeleri yapacakları sözünü vermis, bu planlama kapsamında, 2019 yılında kurulan bir grup ile, yapay zekanın sağlık kullanımlarının insan hakları çerçevesinde gerçekleştirilmesi üzerine yapılandırılması sağlanmaya çalışılmıştır [25].

Tıbbi görüntülemede yapay zekanın dezavantajlarından biri de veri setine erişim ve gerekli veri kalitesi düzeyidir. Son yıllarda tıbbi görüntülemenin tamamen dijitalleşmesinin yarattığı sorunlardan bir diğeri de verilere erişimdir. Başarılı bir yapay zeka modeli oluşturmak için hem eğitim verileri, hem de test verileri ihtiyaçtır. Dolayısıyla bu sorunlar yakın gelecekte acil çözüm gerektiren en önemli konu olan verilere erişim konusunu oluşturmaktadır [11]. Tıbbi görüntülemede yapay zeka kullanımını geliştirmeyi amaçlayan araştırmacıların verilere erişim sorununu kısmen çözmek için önerdiği yollardan biri yapay zeka içerisinde öğrenme stratejileri geliştirmek ve bağımlılığı azaltmak için veri artırma, transfer öğrenme ve aktif öğrenme gibi konulara odaklanmaktır [26].

V. YAPAY ZEKADAN GELECEK BEKLENTİLERİ

Tıbbi görüntüleme sistemlerinde yapay zeka kullanımının gelecekte çok daha artacağı ve böylece teşhis ve tanı çalışmalarında belki de şimdiye kadar tanımlamakta zorlanılan ince noktaların bile seçilip tanımlanmasıyla teşhis koyma imkanı sunulacaktır. Verilerin nitelik ve nicelik yönünden gelişmesi ile birlikte, hem teşhis konulan hastalık portföyü genişleyecek, hem de aynı hastalığa ait deneyim, uzmanlık artacaktır.

Teşhisin yanısıra tedavi işlemlerinde de yapay zeka, çok büyük bir gelecek vaad etmektedir. Cerrahi işlemlerde yapay zeka entegreli tıbbi görüntülemeler üzerinden simülasyonların yapılması, cerrahi yönlendirici navigasyon işlemlerinde yapay zekalı tıbbi görüntülerin kullanımı tedavi çalışmalarının mükemmelleşmesi yolunda adım olacaktır. Hele ki radyoterapi uygulamalarında hastaya yönelik özel işlemlerin yapay zeka ile entegrasyonu, sonuçların iyileştirilmesi yönünde destek sağlayacaktır.

Bu arada, günümüzde yaygın hale gelmeye başlayan kişiselleştilmiş tıp uygulamalarını da atlamamak gerekir. Hastanın tüm klinik, laboratuvar, görüntüleme ve genetik bilgileri yapay zeka ile analiz edilerek kişiye özel tedavi çalışmaları arttırılabilir.

En son, eğitim öğretim çalışmalarında da yapay zeka içerikli tıbbi görüntülemelerin kullanılması, yeni yetişecek sağlıkçılarımız için önem arzetmektedir. Bu yapay zeka destekli tıbbi görüntüler üzerinden deneyim kazanmak, karar verme mekanizmalarında yapay zekayı kullanmak, gelecek tıp camiasının fertleri için bulunmaz bir eğitim imkanı oluşturacaktır.

VI. SONUÇ

Tıbbi görüntülemelerde yapay zekanın kullanılması sayesinde, hangi görüntüleme tekniği kulanılmış olursa olsun görüntülerde hastalıkların teşhisi hem zaman açısından daha kısa sürmekte, hem teşhisi koyan uzmana karar verme noktasında sağladığı destekle teşhisin doğruluk oranı yükselmektedir. Bu nedenle yapay zekanın tıbbi görüntüleme alanında kullanımına yönelik çalışmalar her geçen gün artmakta ve gelişmektedir. Bu çalışma, yapay zekanın tıbbi görüntülemede kullanımına ilişkin gelecekte yapılacak çalışmalara temel bir bilgi alt yapısı oluşturmak ve bakış açısını genişletmek amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca bu bildiride, tıbbi görüntülemede yapay zeka kullanımının şu anki ve gelecekteki durumu, sahada karşılaşılan sorunlarla birlikte tartışılmıştır. Yapay zekanın tıbbi görüntülemede kullanımına ilişkin ise bilgisayar destekli teşhis sistemleri ve diğer gelişmelerin başta doktorlar olmak üzere sağlık profesyonelleri için rakip değil, yorumlama ve teşhis etme yeteneklerini artırıcı yardımcı uygulamalar olduğu bilinmelidir.

KAYNAKLAR

[1] *Ertel, W., Black, N. and Mast, F., Introduction to Artificial Intelligence,Springer, Cham, Switzerland, 2017.*

[2] *Patel, V. L., Shortliffe, E. H., Stefanelli, M., Szolovits, P., Berthold, M. R., Bellazzi, R. and Abu- Hanna, A., "The Coming of Age of Artificial Intelligence in Medicine", Artificial Intelligence in Medicine, 46(1):5-1, 2009. http://dx.doi.org/10.1016/j.artmed.2008.07.017*

[3] *Kubat, M., Introduction to Machine Learning, Springer, Cham, Switzerland,* 2017.

[4] Panch, T., Szolovits, P., and Atun, R., "Artificial Intelligence, Machine Learning and Health Systems", J Glob Health, 8(2):1-8, 2018. https://doi.org/10.7189/jogh.08.020303

[5] Tan, F. G., Yüksel, A. S., Aydemir, E. and Ersoy, M., "Derin Öğrenme Teknikleri ile Nesne Tespiti ve Takibi Üzerine Bir İnceleme*", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25):159-171, 2021. https://doi.org/10.31590/ejosat.878552

[6] Gulli, A., Kapoor, A. and Pal, S. *Deep Learning with TensorFlow 2 and Keras*, Packt Yayıncılık, Birmingham, 2019.

[7] Wang, H. and Raj, B., "On the Origin of Deep Learning", *arXiv* preprint arXiv:1702.07800, 2017.

[8] Krittanawong, C., Zhang, H., Wang, Z., Aydar, M. and Kitai, T., "Artificial Intelligence in Precision Cardiovascular Medicine", *Journal of the American College of Cardiology*, 69(21):2657-2664, 2017.

[9] Cheng, H. D., Cai, X., Chen, X., Hu, L. and Lou, X., "Computer-aided Detection and Classification of Microcalcifications in Mammograms: A Survey", *Pattern Recognition*, 36(12):2967-2991, 2003.

[10] The Lancet, "Artificial Intelligence in Health Care: Within Touching Distance", *The Lancet*, 390(10114):2739, 2018.

[11] Morra, L., Delsanto, S. and Correale, L., *Artificial Intelligence in Medical Imaging From Theory to Clinical Practice*, Boca Raton: CRC Print, 2019.

[12] Weng, Y., Zhou, T., Li, Y. and Qiu, X., "Nas-unet: Neural Architecture Search for Medical Image Segmentation", *IEEE Access*, 7:44247-44257, 2019.

[13] Zheng, Y., Liu, D., Georgescu, B., Xu, D. and Comaniciu, D., "Deep Learning Based Automatic Segmentation of Pathological Kidney in CT: Local Versus Global Image Context", *Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing*, 241-255, 2017.

[14] Pan, X., Yang, D., Li, L., Liu, Z., Yang, H., Cao, Z. and Chen, Y., "Cell Detection in Pathology and Microscopy Images with Multi-scale Fully Convolutional Neural Networks", *World Wide Web*, 21(6):1721-1743, 2018.

[15] Farag, A., Lu, L., Roth, H. R., Liu, J., Turkbey, E. and Summers, R. M., "Automatic Pancreas Segmentation Using Coarse-to-Fine Superpixel Labeling*", Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing*, 279-302, 2017.

[16] Nawaz, M., Sewissy, A. A. and Soliman, T. H. A., "Multi-Class Breast Cancer Classification using Deep Learning Convolutional Neural Network", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(6):316-332, 2018.

[17] Khan, S., Islam, N., Jan, Z., Din, I. U. and Rodrigues, J. J. C., "A Novel Deep Learning Based Framework for the Detection and Classification of Breast Cancer using Transfer Learning", *Pattern Recognition Letters*, 125:1-6, 2019.

[18] Zheng, J., Lin, D., Gao, Z., Wang, S., He, M. and Fan, J., "Deep Learning Assisted Efficient AdaBoost Algorithm for Breast Cancer Detection and Early Diagnosis*", IEEE Access*, 8: 96946-96954, 2020.

[19] Wang, L., Lin, Z.Q. and Wong, A., "COVID-Net: A Tailored Deep Convolutional Neural Network Design for Detection of COVID-19 Cases from Chest X-ray Images*", Sci Rep*., 11;10(1):19549, 2020.

[20] S. Roy et al., "Deep Learning for Classification and Localization of COVID-19 Markers in Point-of-Care Lung Ultrasound", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 39(8):2676-2687, Aug. 2020, doi: 10.1109/TMI.2020.2994459.

[21] Hemdan, E. E. D., Shouman, M. A. and Karar, M. E., "Covidx-net: A Framework of Deep Learning Classifiers for Diagnosing Covid-19 Cases from X-ray Images", *arXiv* preprint arXiv:2003.11055, 2020.

[22] Abdullah R. and Fakieh B., "Health Care Employees' Perceptions of the Use of Artificial Intelligence Applications: Survey Study", *J Med Internet Res*, 22(5):e17620, 2020. http://dx.doi.org/10.2196/17620

[23] Kassam, A. and Kassam, N., "Artificial Intelligence in Healthcare: A Canadian Context", *Healthcare Management Forum*, 33(1):5-9, 2020. https://doi.org/10.1177/0840470419874356

[24] Castagno, S. and Khalifa, M., "Perceptions of Artificial Intelligence Among Healthcare Staff: A Qualitative Survey Study", *Front Artif Intel.,* 3:84, 2020. https://doi.org/10.3389/frai.2020.578983

[25] Goodman, K., Zandi, D., Reis, A. and Vayena, E., "Balancing Risks and Benefits of Artificial Intelligence in the Health Sector", *Bull World Health Organ*, 98(4):230–230A, 2020. http://dx.doi.org/10.2471/BLT.20.253823

[26] Sahiner, B., Pezeshk, A., Hadjiiski, L. M., Wang, X., Drukker, K., Cha, K. H., and Giger, M. L., "Deep Learning in Medical Imaging and Radiation Therapy", *Med Phys*, 46(1), e1-e36, 2019.