

Emergency Medicine and Artificial Intelligence

Acil Tıp Ve Yapay Zeka

Mehmet Mahir Kunt¹, Mehmet Ali Karaca¹, Bülent Erbil¹, Erhan Akpınar¹

ABSTRACT

Artificial Intelligence has taken a significant place in our daily lives in the age of information and technology. In recent years, learning to use artificial intelligence and machine learning techniques has been developing rapidly in many fields of medicine, especially in emergency medicine. Artificial intelligence holds promise in numerous applications in emergency medicine, including interpreting diagnostic imaging, predicting patient outcome, and monitoring patient vital signs. In this review, recent studies on the use of artificial intelligence in emergency medicine were discussed.

Keywords: Artificial intelligence, machine learning, emergency medicine

ÖZ

Yapay zeka, bilgi ve teknoloji çağında günlük hayatımızda önemli ölçüde yer edinmiştir. Son yıllarda yapay zeka ve makine öğrenimi teknikleri kullanılması öğrenimi özellikle acil tıp başta olmak üzere tıbbın birçok alanında hızlıca gelişmektedir. Yapay zeka, acil tıp içindeki tanısal görüntülemenin yorumlanması, hasta sonlanımının tahmin edilmesi ve hastanın yaşamsal bulgularının izlenmesi dahil sayısız uygulamada umut vaat etmektedir. Bu derlemede yapay zekanın acil tıpta kullanımına yönelik son yıllarda yapılan çalışmalar toplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka, makina öğrenmesi, acil tıp

Gönderim: 21 Eylül 2021

Kabul: 26 Eylül 2021

¹ Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Tıp Anabilim Dalı; ANKARA; Türkiye

² Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı; ANKARA; Türkiye

Sorumlu Yazar: Mehmet Mahir Kunt, MD **Adres:** Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Erişkin Hastanesi Sıhhiye/ANKARA 06100

Telefon: +903123052505 **e-mail:** mmkunt@gmail.com

Atıf için/Cited as: Kunt MM, Karaca MA, Erbil B, Akpınar E. *Acil Tıp Ve Yapay Zeka*. *Anatolian J Emerg Med* 2021;4(3):114-117.

Giriş:

Yapay zeka (YZ), “bir sistemin dış verileri doğru bir şekilde yorumlama, bu verilerden öğrenme ve bu öğrenmeleri esnek adaptasyon yoluyla belirli hedeflere ve görevlere ulaşmak için kullanma yeteneği” olarak tanımlanabilir (1).

Dar Yapay Zekalar ismi verilen ilk nesil YZ'lar sadece belirli işler için tasarlanmışlardır. Örneğin fotoğraftan yüz tanıma veya ses tanıyarak yazı yazma gibi tek konuda tasarlanmışlardır. Bugün için pek çok konuda kullanımdadırlar. Yapay Genel Zekâlar olarak isimlendirilen 2. Nesil YZ'lar ise bağımsız olarak daha önceden programlanmadıkları konularda bile bağımsız olarak akıl yürütebilecek, planlayabilecek ve sorunları çözebileceklerdir. Gelecekte bir gün gerçekten kendinin farkında ve bilinçli sistemler olan 3. Nesil Yapay Süper Zekalar ise insanları gereksiz hale getirebilir (1).

Yapay zeka ile ilgili ilk fikirler 1940'lı yıllara dayanır. Bilim adamlarına YZ konusunda ilham kaynağı olan Isaac Asimov tarafından yazılan Runaround isimli bilimkurgu romandır. Bu romanda robotiğin üç kuralı tanımlanmıştır. (1) Robotlar insana zarar veremez veya kendine zarar verecek insanlara karşılık veremez. (2) Robotlar, birinci kural ile çelişmeyen tüm emirlere uymak zorundadır; ve (3) Robotlar, birinci veya ikinci kuralla çelişmeyen durumlarda kendi varlıklarını korumalıdır (2).

Aynı yıllarda İngiliz matematikçi Alan Turing, Alman ordusu tarafından kullanılan Enigma kodunu deşifre etmek amacıyla İngiliz hükümeti için çalışan ilk elektro-mekanik bilgisayar olarak kabul edilen The Bombe adlı bir kod kırma makinesi geliştirdi. 1950'de, akıllı makinelerin nasıl oluşturulacağını ve özellikle zekalarının nasıl test edileceğini açıkladığı makalesi “Computing Machinery and Intelligence” ı yayınladı. Turing Testi bugün hala yapay bir sistemin zekasını belirlemek için bir kriter olarak kabul edilmektedir. İnsan başka bir insan ve bir makine ile etkileşime girdiğinde, makineyi insandan ayırt edemiyorsa, o zaman makinenin zeki olduğu kabul edilir (2). Yapay Zeka kelimesi, yaklaşık altı yıl sonra, 1956'da Stanford'da bilgisayar bilimcileri olan Marvin Minsky ve John McCarthy New Hampshire Dartmouth College'da düzenledikleri yaklaşık sekiz haftalık Dartmouth Yapay Zeka Yaz Araştırma Projesi ile (DSRPAI) gündeme geldi (2).

İlk YZ örneklerinden biri, 1964 ve 1966 yılları arasında MIT'de Joseph Weizenbaum tarafından yazılan ünlü ELIZA bilgisayar programıdır. ELIZA, Turing Testini geçmeyi deneyebilen insan konuşmasını taklit eden bir dil işleme programıydı (3). Başlangıçta YZ alanında ilerlemenin yavaş olması ilk programların insan zekasını “eğer -o zaman” (if-then) döngüsüyle yapılmaya çalışılmasıydı. Bazı özel uzmanlık gerektiren durumlarda bu tür yaklaşım oldukça başarılı olabilir (2). Örneğin, 1997'de IBM'in Deep Blue satranç oynama programı dünya şampiyonu Gary Kasparov'u yenmeyi başardı. Deep Blue saniyede 200 milyon olası hareketi tahmin ederek ve ağaç arama adı verilen bir yöntemi kullanarak 20 hamle ilerisindeki en uygun hamleyi belirleyebiliyordu (4).

1940'larda Kanadalı psikolog Donald Hebb'in Hebbian Learning olarak bilinen ve gerçek yapay zekaya ulaşmak için istatistiksel yöntemlerle ve insan beynindeki nöronların sürecini kopyalayan bir öğrenme teorisi geliştirdi (5). Bu, Yapay Sinir ağları üzerine araştırmalara yol açtı. Ancak bu çalışmalar 1969'da Marvin Minsky ve Seymour Papert'in

bilgisayarların bu tür yapay sinir ağlarının gerektirdiği işi yapmak için yeterli işlem gücüne sahip olmadığını göstermeleriyle durakladı (2). 2015 yılında Google tarafından geliştirilen AlphaGo isimli program Go'da dünya şampiyonunu yenmeyi başardı. AlphaGo, yüksek performansını Derin Öğrenme adı verilen belirli bir yapay sinir ağı yoluyla sağladı (6). Günümüzde yapay sinir ağları ve derin öğrenme, YZ etiketi altında bildiğimiz çoğu uygulamanın temelini oluşturmaktadır. Facebook tarafından kullanılan görüntü tanıma algoritmaları, akıllı hoparlörler ve sürücüsüz arabalardaki konuşma tanıma algoritmalarının temeli YZ uygulamalarıdır (2).

Acil Serviste Yapay Zeka Uygulamaları:

Acil Serviste (AS) makine öğrenimli YZ sistemleri, hastalıkların etkin bir şekilde tedavi edilebilmesi, ilerlemesinin ve uygun olmayan komplikasyonlarının ortaya çıkmasının önlenmesi için tahmin etme ve erken tespit etmede faydalı olabilirler (7). Naylor, sağlık hizmetlerinde yapay zekanın ve makine öğrenmesinin benimsenmesini sağlayan 7 faktörü tanımlamıştır: (1) dijital görüntülemenin insan yorumuna etkileri; (2) sağlıkla ilgili kayıtların sayısallaştırılması ve veri paylaşımı; (3) derin öğrenmenin heterojen veri kümelerinin analizine uyarlanabilirliği; (4) araştırmalarda hipotez oluşturma için derin öğrenme kapasitesi; (5) klinik iş akışlarını düzene sokmak ve hastaları güçlendirmek için derin öğrenmenin umut vaat etmesi; (6) hızlı yayılan açık kaynaklı ve özel derin öğrenme programları; ve (7) günümüzün temel derin öğrenme teknolojisinin, veri kümeleri büyüdükçe gelişmiş performans sağlamak için yeterliliği (8).

Hastane Öncesi Acil sağlık hizmetlerinde kullanılan Corti AI isimli bir yapay zeka uygulaması arayanın konuşmasını ve açıklamasını analiz ederek ve bir sonraki sorulacak sorular hakkında tavsiyelerde bulunarak, bir hastanın miyokart enfarktüsü veya inme gibi hızlı müdahale gerektiren durumları ayırt edebilir. Ayrıca, aramayı tamamlamak ve ambulans göndermek için gereken süreyi azaltmak için arayanın adresi ve/veya konumu hakkında bilgi toplayarak yardımcı olur (9).

Acil servisteki YZ'nın en yaygın kullanım yerlerinden biri triyajdır. Acil servis içindeki hastaların triyaj işlemi hasta akışını, bekleme sürelerini, kaynak kullanımını ve tahsisini ve risk sınıflandırmasını doğrudan etkiler(10,11). Özellikle kalabalık acil servislerin olduğu durumlarda, bu adımlar hızlı bir şekilde ve genellikle sınırlı bilgi ile tamamlanmak zorundadır. Amerika'da en sık kullanılan ESI (Emergency Severity Index) triyaj sisteminde hastaların büyük bir kısmı ESI-3 olarak sınıflandırılmaktadır. Çok sayıdaki ESI 3 hastaların akutluk sıralanmasında zorluk çekilmektedir (12). Makine Öğrenmesi modelleri, mevcut triyaj yöntemlerini geliştirme konusunda gelecek vaat etmektedir. Yapay zeka triyacı ESI-3 kategorisine yığılan hastaları kritik bakım veya acil durum prosedürü gerektiren hastaları tahmin ederek daha iyi sınıflamaktadır. Göğüs ağrısı olan hastalarda akut ve gecikmiş kardiyak komplikasyonların tahmini veya hastane içi sepsis mortalitesi gibi spesifik hastalık sonuçlarını tahmin etmek için geliştirilen makine öğrenmesi modelleri gibi özel problemlere yönelik makine öğrenme sistemleri de vardır. Hastalık sonuç tahminleriyle birleşik etkili triyaj sistemi,

kaynakları hasta ihtiyaçlarıyla daha iyi eşleştirerek acil işlemlerini daha etkili hale dönüştürebilir (11,13).

Acil serviste kaynak planlama ve kalabalık yönetimi önemli sorunlardan biridir. Sun ve ark. (14), yazarlar acil serviste iş yükünün tahmini için modeller geliştirmek için otoregresif entegre hareketli ortalama ("autoregressive integrated moving average"ARIMA) olarak adlandırılan zaman serisi analiz tekniğini kullandılar. Bu çalışma personel listesinin düzenlenmesi ve kaynak planlaması için tahmin modellerinin kullanılmasına faydalı olduğunu kanıtlamıştır. Jones ve Evans (15) tarafından yapılan çalışmada, yazarlar, faktör tabanlı bir simülasyon aracı geliştirerek doktor personel konfigürasyonlarının etkisini değerlendirmek açısından acil servis aşırı kalabalıklığını ele almıştır. Böyle bir aracın fizibilitesi tek bir hastane acil servisinde değerlendirilmiştir.

YZ'nın en çok kullanıldığı yerlerden biri acil radyolojidir. Acil hekimleri yaşamı tehdit eden patolojiyi hızlı bir şekilde tanımlamak ve radyologun incelemesinden önce acil taramaların bulgularına göre hareket etmek zorundadırlar. Kontrastsız kafa bilgisayarlı tomografi taramalarında kanama, kitle etkisi, hidrosefali, akut bölgesel enfarktüs, travmatik beyin hasarı ve orta hat kaymasını saptamak için çeşitli algoritmalar geliştirilmiş ve test edilmiştir. Bu algoritmaların çoğu, %94-100 aralığında duyarlılık ve %99'a varan negatif prediktivite değerleriyle, acil müdahale gerektiren yaşamı tehdit eden patolojilerin hızlı ve doğru bir şekilde dışlanmasına olanak tanımaktadır. Yüksek hassasiyetli algoritmaların kullanılması, tetkiklerin tamamlanması ile radyologların rapor etme arasında geçen sürede gecikmelerin olabileceği yoğun acil servislerde veya sınırlı radyoloji desteğine sahip kırsal acil servislerde özellikle yararlı olacaktır (16–18). YZ ayrıca travma için odaklanmış abdominal sonografi (FAST) değerlendirmesinde sıvının saptanması ve ekokardiyogramda ejeksiyon fraksiyonunun otomatik olarak hesaplanması gibi ultrason araştırmalarından tanıya yardımcı olma konusunda faydalı olduğu bulunmuştur (19,20).

AS'de YZ'nın kullanım alanlarından bir diğeri dokümantasyondur. Araştırmalar, klinisyenlerin, Elektronik Tıbbi Kayıt sistemlerinin kullanılmasıyla ilişkili yazı işlerinden giderek daha fazla tükendiğini göstermektedir. Aynı zamanda, sağlık verileri analitik algoritmaları bu sistemlerden düşük kaliteli serbest metin girilen verileri analiz etmekte güçlük çekmektedir. YZ, makine öğrenmesi, konuşma tanıma ve doğal dil işleme teknolojileri kullanılarak yapılan sanal kayıt sistemleri kayıt işlemleri hasta ile konuşurken kayıt ile ilgili işlemleri hazır hale getirerek ve kayıt zamanını yaklaşık %50 oranında azalttığı görülmüştür. Ayrıca reçete hazırlamakta yardımcı olmakta ve taburculukta hastanın anlayacağı şekilde (tıbbi terimler olmadan) yazılı öneriler hazırlamaktadır. Elektronik kayıtlar daha kolay şekilde istatistiksel analiz için uygun verileri sağlayabilmektedir (21).

Yapay zeka sistemleri, klinik izlem için kullanılmaktadır. Hastanın ilk geliş semptom ve bulguları ve de temel tetkiklere dayalı olarak kardiyak komplikasyon veya sepsis olasılığını tahmin edilebilmektedir. Ayrıca kalp hızı ve ritmi ve kan basıncı dinamiklerini izleyerek klinik komplikasyonları tahmin etmek için başka araçlar da geliştirilmiştir. Sepsis ve kardiyak instabiliteyi tahmin etmeye odaklı YZ sistemlerinin mevcut klinik araçlara eşit veya daha iyi performans

gösterdiği gösterilmiştir (22,23). Acil servise başvurudan sonraki 30 gün içinde Majör Kardiyak Advers Olayları (Mortalite, akut miyokard enfarktüsü (AMI), perkütan koroner girişim (PCI) ve koroner arter baypas grefti (CABG)) tahmin edebilmek için geliştirilen YZ ve makine öğrenimi sistemi hem mortaliteyi hem de advers etkileri başarılı bir şekilde tahmin etmiştir (24).

Giyilebilir cihazlar, uzaktan izleme ve dijital konsültasyonlarla bir araya getirilen derin öğrenme ve diğer makine öğrenimi teknikleri, klinikte geleneksel aralıklı veri toplama ve yorumlama modeline ihtiyacı kaldırabilir. Bu gelişmeler, hastalar ve ailelerin daha etkili ve bilinçli öz bakım yapmasını destekleyebilir (25). Yatışlı hastanın YZ ile izlemesinin benzeri olan evde izlemin, kronik obstrüktif akciğer hastalığının akut alevlenmelerini tespit etmede etkili olduğu, alevlenmelerin %75.8'ini hastanın tedaviye başlamasından ortalama 5 gün önce tespit ettiği gösterilmiştir. Benzer şekilde, çocuklarda yapay zekâ müdahaleleri ile astım semptomlarındaki kalıpları, hasta özniteliklerini ve kişisel astım semptom izleyici veri tabanında toplanan çevresel faktörleri kullanarak semptom başlangıcından 1 hafta önce astım alevlenmelerini tahmin etmişlerdir. Bileğe takılan ivme ölçerler, nöbetleri yüksek derecede doğrulukla tespit etmişlerdir. Yaşlılardaki düşmeleri tespit etmek için özel akıllı telefon ses uygulamaları başarılı olmuştur (7). YZ'nın AS'te katkı sağladığı alanlar Tablo-1'de özetlenmiştir.

HASTANE ÖNCESİ	<ul style="list-style-type: none"> AS kalabalıklığının tahminleri Bilgisayar destekli ambulans yönlendirmeleri Giyilebilir cihazlar yardımıyla nöbetler ve düşmeleri önceden tahmin etmek ve olay alarmı vermek
TRİYAJ	<ul style="list-style-type: none"> Hastaların daha hızlı, daha ucuz ve eşit doğrulukta triyajı 72 saatte içinde kalp durması veya sepsis olasılığını tahmin etme Tanı ile ilgili kan testleri Aşağıdakiler için tanısal görüntülemeyi yorumlama: <ul style="list-style-type: none"> Sık görülen kırıklar Pnömoni Ejeksiyon fraksiyonu
TETKİKLER	<ul style="list-style-type: none"> Otomatik yazma sistemleri kullanma: Konuşma tanıma ve doğal dil işleme yöntemleri kullanılarak hasta ile görüşmeleri gerçek zamanlı olarak belgelemek
BELGELER	<ul style="list-style-type: none"> Sepsis veya kardiyak arrest gibi ileride oluşabilecek komplikasyonların olasılığını tahmin etmek için hayati değerlerin izlenmesi
TABURCULUK	

Tablo 1. YZ'nın Acil Serviste Katkı Yaptığı Alanlar (26)

Twitter'daki tweet'lerin analizi sayesinde YZ sistemleri yerel bir hastanenin belirli bir yarıçapındaki kullanıcıların tweetlerinde "grip" gibi anahtar kelimeler arayarak grip salgınlarını etkili bir şekilde tahmin edebilmiştir. Program daha sonra yüksek korelasyonla belirlenen anahtar kelimeleri nöbetçi hastaneler ve doktorlardan alınan resmi istatistiklerle karşılaştırmıştır. Benzer şekilde, Twitter'da intihar düşüncesini ve girişimlerini tahmin etmek için doğal dil işleme prosedürleri kullanılmış ve başarılı olmuştur(27,28).

Acil Serviste Yapay Zeka Uygulamalarında Kısıtlılıklar ve Zorluklar:

Yapay zekadaki gelişmelere rağmen acil serviste kullanımı ile ilgili çeşitli teknik, etik ve teknolojiyi kabul ile ilgili sorunlar mevcuttur. YZ ile ilgili araştırmaların çoğu retrospektiftir. Teknolojinin kabulü için daha çok randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmalar için de daha doğru bilgilere ihtiyaç vardır. Bu da elektronik data sistemleriyle olabilir. Ayrıca yapay sinir ağları ve makine öğrenimi ile prognostik algoritmalar geliştirilmektedir. Teknolojide, güvenin yalnızca algoritmanın insan geliştiricisinin değil, aynı zamanda dahili olarak uygun kodları üretmek için bilgisayarın da ellerine verildiği bir dönüm noktasıdır. Bu da yapay zeka algoritmalarının cevap ve yorumlarının hem klinisyenler hem de hastalar için anlaşılabilir hale getirerek çok sayıda etik ve potansiyel olarak mediko-yasal zorluklar sunar. Ayrıca, toplanan sağlık verileri gizli olmak zorundadır ama optimum performans için sürekli güncelleme ve gerçek zamanlı geri bildirim gerektirmektedir. Büyük ihlalleri önlemek için hastanın rıza alınması gerekmektedir. Yapay zeka sistemlerini büyük çoğunluğu bağımsız olarak çalışmak yerine doktorlara yardımcı olsa da bu algoritmaların ne zaman ve nerede devreye girdiğinin ve yanlış klinik kararlara sebep olabileceğinin farkında olmak önemlidir (29).

Sonuç:

Acil Serviste Yapay Zeka uygulamaları verilen hizmet kalitesini arttırmakta ve hizmet yükünü azaltmaktadır. İnsana bağlı hataları azaltmakta, klinisyene karar vermede yardımcı olmaktadır. Ama YZ sistemlerinin de hatalı kararlar alabilme ihtimali gözden kaçmamalıdır. Ayrıca YZ kullanımı ile ilgili medikolegal düzenlemeler de gereklidir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek Beyanı: Yazarlar finansal destek bildirmemiştir.

Yazarların Katkısı: MMK literatür taraması yapmış ve yazmıştır. MAK literatür taramasına yardımcı olmuş ve redaksiyon yapmıştır. BE ve EA literatür taramasına yardımcı olmuştur.

Etik Beyan: Yazarlar araştırma ve yayın etiğine uyduklarını beyan ederler.

Kaynaklar:

1. Kaplan A, Haenlein M. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Bus Horiz.* 2019;62(1):15-25. doi:10.1016/J.BUSHOR.2018.08.004
2. Haenlein M, Kaplan A. A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *Calif Manage Rev.* 2019;61(4):5-14. doi:10.1177/0008125619864925
3. Eliza (elizabot.js). Accessed September 16, 2021. <https://www.masswerk.at/elizabot/>
4. Campbell M, Hoane AJ, Hsu F-H. Deep Blue. *Artif Intell.* 2002;134:57-83.
5. Morris RGM, D.O. Hebb: The Organization of Behavior, Wiley: New York; 1949. *Brain Res Bull.* 1999;50(5-6):437. doi:10.1016/S0361-9230(99)00182-3
6. Silver D, Huang A, Maddison CJ, et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature.* 2016;529(7587):484-489. doi:10.1038/nature16961
7. Shafaf N, Malek H. Applications of Machine Learning Approaches in Emergency Medicine; a Review Article. *Arch Acad Emerg Med.* 2019;7(1):1-9. Accessed September 19, 2021. [/pmc/articles/PMC6732202/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6732202/)

8. Stead WW. Clinical Implications and Challenges of Artificial Intelligence and Deep Learning. *JAMA.* 2018;320(11):1107-1108. doi:10.1001/JAMA.2018.11029
9. AI for Patient Consultations. Accessed September 19, 2021. <https://www.corti.ai/>
10. Stewart J, Sprivulis P, Dwivedi G. Artificial intelligence and machine learning in emergency medicine. *EMA - Emerg Med Australas.* 2018;30(6):870-874. doi:10.1111/1742-6723.13145
11. Berlyand Y, Raja AS, Dorner SC, et al. How artificial intelligence could transform emergency department operations. *Am J Emerg Med.* 2018;36(8):1515-1517. doi:10.1016/j.ajem.2018.01.017
12. Center for Health Statistics N. National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2014 Emergency Department Summary Tables. Accessed September 20, 2021. http://www.cdc.gov/nchs/ahcd/ahcd_survey_instruments.htm#nhamcs.
13. Levin S, Toerper M, Hamrock E, et al. Machine-Learning-Based Electronic Triage More Accurately Differentiates Patients With Respect to Clinical Outcomes Compared With the Emergency Severity Index. *Ann Emerg Med.* 2018;71(5):565-574.e2. doi:10.1016/j.annemergmed.2017.08.005
14. Sun Y, Heng BH, Seow YT, et al. Forecasting daily attendances at an emergency department to aid resource planning. *BMC Emerg Med.* 2009;9. doi:10.1186/1471-227X-9-1
15. Jones SS, Evans RS. An agent based simulation tool for scheduling emergency department physicians. *AMIA Annu Symp Proc.* Published online 2008:338-342.
16. Li Y-H, Zhang L, Hu Q-M, et al. Automatic subarachnoid space segmentation and hemorrhage detection in clinical head CT scans. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2011;7(4):507-516. doi:10.1007/S11548-011-0664-3
17. Yuh EL, Gean AD, Manley GT, et al. Computer-aided assessment of head computed tomography (CT) studies in patients with suspected traumatic brain injury. In: *Journal of Neurotrauma.* Vol 25. ; 2008:1163-1172. doi:10.1089/neu.2008.0590
18. Xiao F, Liao CC, Huang KC, et al. Automated assessment of midline shift in head injury patients. *Clin Neurol Neurosurg.* 2010;112(9):785-790. doi:10.1016/J.CLINURO.2010.06.020
19. Sjogren AR, Leo MM, Feldman J, et al. Image segmentation and machine learning for detection of abdominal free fluid in focused assessment with sonography for trauma examinations: A pilot study. *J Ultrasound Med.* 2016;35(11):2501-2509. doi:10.7863/ultra.15.11017
20. Knackstedt C, Bekkers SCAM, Schummers G, et al. Fully Automated Versus Standard Tracking of Left Ventricular Ejection Fraction and Longitudinal Strain the FAST-EFs Multicenter Study. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(13):1456-1466. doi:10.1016/j.jacc.2015.07.052
21. NH C. Ambient virtual scribes: Mutuo Health's AutoScribe as a case study of artificial intelligence-based technology. *Healthc Manag forum.* 2020;33(1):34-38. doi:10.1177/0840470419872775
22. Shashikumar SP, Stanley MD, Sadiq I, et al. Early sepsis detection in critical care patients using multiscale blood pressure and heart rate dynamics. *J Electrocardiol.* 2017;50(6):739-743. doi:10.1016/j.jelectrocard.2017.08.013
23. Muniz GW, Wampler DA, Manifold CA, et al. Promoting early diagnosis of hemodynamic instability during simulated hemorrhage with the use of a real-time decision-assist algorithm. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;75(2 SUPPL. 2). doi:10.1097/TA.0B013E31829B01DB
24. Zhang P-I, Hsu C-C, Kao Y, et al. Real-time AI prediction for major adverse cardiac events in emergency department patients with chest pain. *Scand J Trauma, Resusc Emerg Med* 2020 281. 2020;28(1):1-7. doi:10.1186/S13049-020-00786-X
25. Naylor CD. On the Prospects for a (Deep) Learning Health Care System. *JAMA.* 2018;320(11):1099-1100. doi:10.1001/JAMA.2018.11103
26. Grant K, McParland A, Mehta S, Ackery AD. Artificial Intelligence in Emergency Medicine: Surmountable Barriers With Revolutionary Potential. *Ann Emerg Med.* 2020;75(6):721-726. doi:10.1016/j.annemergmed.2019.12.024
27. Aslam AA, Tsou MH, Spitzberg BH, et al. The reliability of tweets as a supplementary method of seasonal influenza surveillance. *J Med Internet Res.* 2014;16(11). doi:10.2196/jmir.3532
28. Burnap P, Colombo G, Amery R, et al. Multi-class machine classification of suicide-related communication on Twitter. *Online Soc Networks Media.* 2017;2:32-44. doi:10.1016/J.OSNEM.2017.08.001
29. Grant K, McParland A. Applications of artificial intelligence in emergency medicine. *Univ Toronto Med J.* 2019;96(1):37-39.