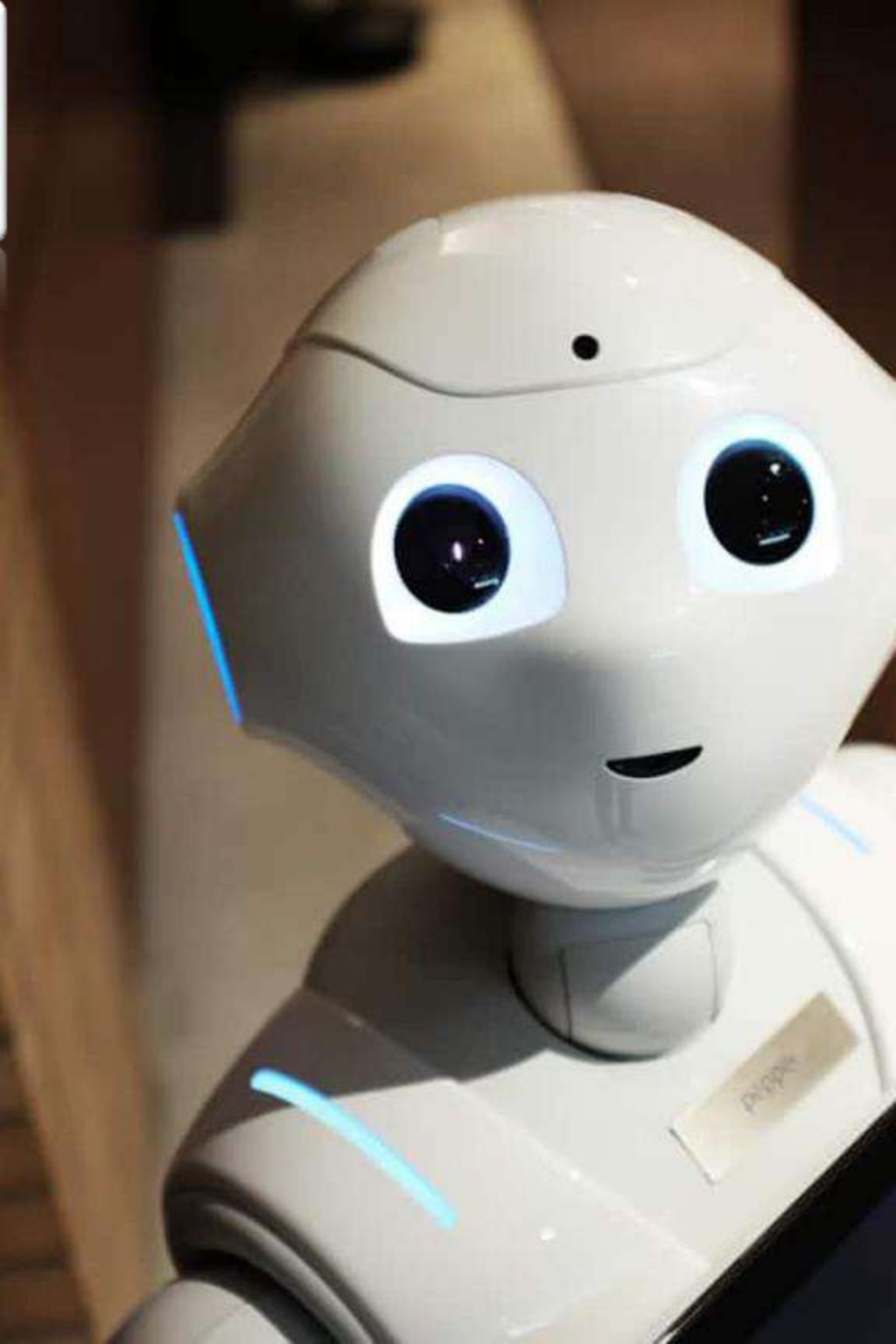




İnfeksiyon Kontrolünde Yapay Zeka

Dr. Ezgi Gülten
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
İnfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı



INFECTION CONTROL



[Sorular](#) [Yanıtlar](#) [140](#) [Ayarlar](#)

İnfeksiyon Kontrolünde Yapay Zeka: Ne kadar biliyoruz? Ne Bekliyoruz?

B I U

Sayın hocalarım, meslektaşlarım;

Yapay zeka, her geçen gün, hayatın her alanında daha çok kullanılabilir hale geliyor. Kaçabilmek ne mümkün? Ve dahası; kaçmak gerekli mi? İnsanlığı tehdit mi ediyor? Yoksa bize yardımcı bir güç mü?

Tıbbi bilimlerde de yapay zekanın kullanım alanlarının arttığını biliyoruz, duyuyoruz.

Peki ya infeksiyon kontrolü? Yapay zeka infeksiyon kontrolünde kullanılabilir mi? Kullanıldı mı? Gelecekte neler bizi bekliyor?

Türk Klinik Mikrobiyoloji ve İnfeksiyon Hastalıkları Derneği Antibiyotik Direnci Çalışma Grubu'nun Klimik 2025'teki oturumunda yapay zekayı ele almak istedik. Ben de yapay zekanın infeksiyon kontrolündeki yerini anlatmaya çalışacağım.

Düşündüm ki; hepimiz için yeni olan bu alanda "sunum öncesi" bilgi paylaşımı yapabiliriz. Hem biraz da eğlenip dertleşiriz.

Bu amaçla; sizler için hazırladığım ankete katılım sağlarsanız çok sevinirim. Anketi cevaplama süresi yaklaşık 3 (üç) dakikadır. Katkı ve katılımlarınız için teşekkür ederim.

Ezgi Gülten

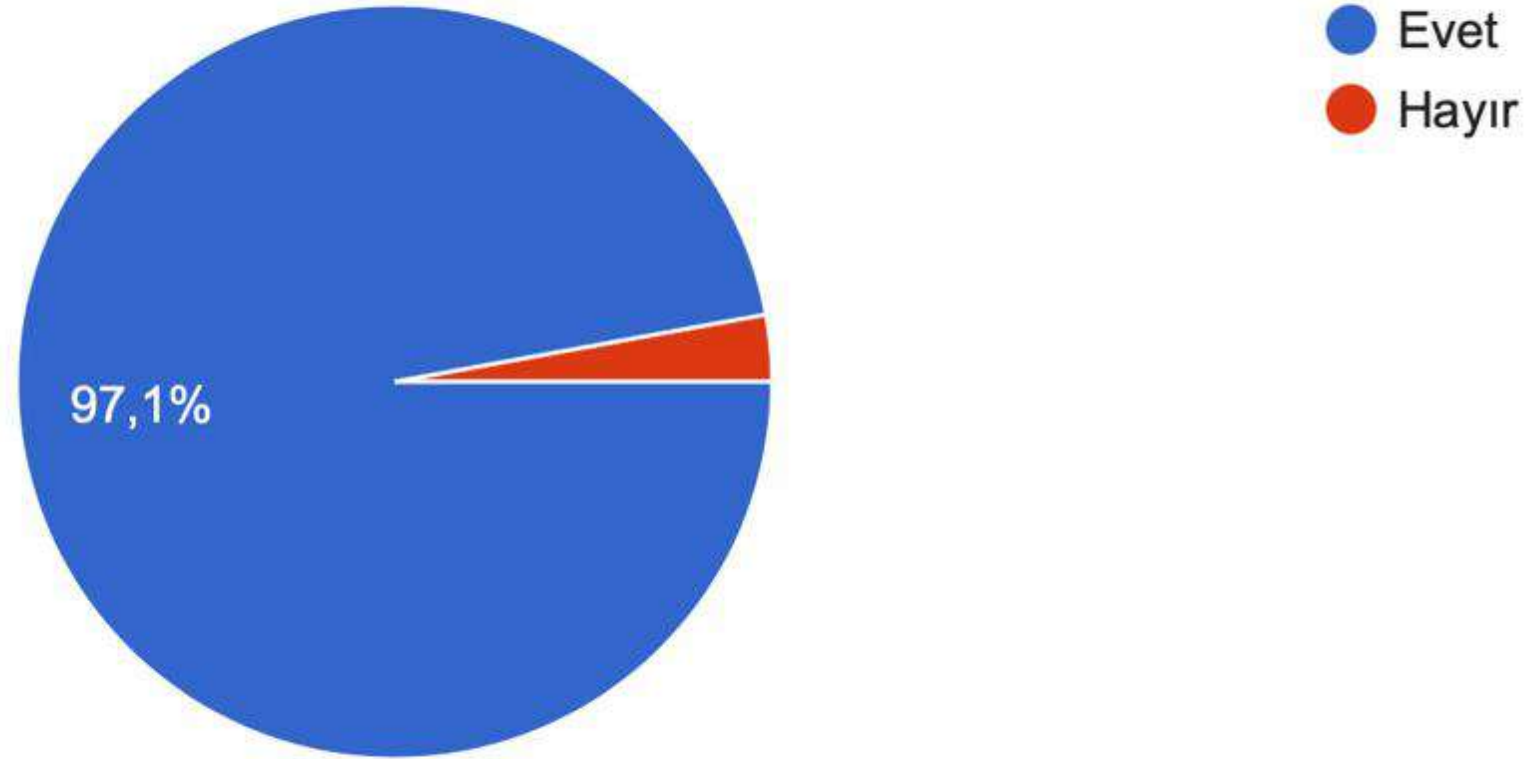
A vertical column of social media sharing icons: a plus sign, a print icon, a translate icon, an image icon, a video icon, and a list icon.

A close-up of a white robot head with large, expressive blue eyes and a small black dot for a nose. The robot has a friendly, slightly smiling expression.

Yanıtlar ve Beklentiler

Sizce yapay zeka infeksiyon kontrolünde fayda sağlayabilir mi?

140 yanıt



olursa tüm kök Devamında
makaleleri temizlik temizlik düzenli
metin analizi analizi sıralaması
yardımcı
Otomatik kullanım Akılcı neden salgın salgın
sürveysans sürveysans analizleri derlemesinde
antibiyotik eğitim eğitim surveyans var
Algoritmaları sevinirim kontrolünde

INFECTION CONTROL



Sunum Planı



Toplumda infeksiyon kontrolü

- Erken tanı yöntemleri
- Varyant ve mutasyon tahmini
- Aşı yanıtının öngörülmesi



Hastanede infeksiyon kontrolü

- El hijyeni eğitim ve gözetimi
- Kişisel koruyucu ekipmanların kullanımı
- Sağlık bakımı ilişkili infeksiyonlarda risk tahmini



Tanı ve önleme sistemleri

- Sağlık bakımı ilişkili infeksiyonların sürveyansı
- Potansiyel antijen hedeflerinin belirlenmesi
- Anti-biyofilm etkili moleküllerin tespiti



Robotik teknolojiler

- Hastane ortamlarında otomatik temizlik ve dezenfeksiyon sistemleri



İnfeksiyon Kontrolünün Önemi

8.8M

Küresel Yük

Dünya genelinde yılda 8.8 milyon ölüm enfeksiyonlarla ilişkilidir.

\$80B

Ekonomik Etki

Hastane enfeksiyonları global ekonomiye yıllık 80 milyar dolar yük getirmektedir.

35%

Önlenebilirlik

Hastane enfeksiyonlarının %35'i kanıta dayalı uygulamalarla önlenebilir.



Yapay Zeka ve Sağlıkta Dijital Dönüşüm

Yapay Zeka (YZ) Nedir?

Makinelerin insan zekâsını taklit ederek öğrenme, muhakeme ve problem çözme yeteneğidir. Verilerden öğrenir, kalıpları tanır ve tahminler yapar.

Sağlık Sektöründeki Rolü

Görüntü analizi, veri yorumlama, risk tahmini ve kişiselleştirilmiş tıp uygulamalarında yaygınlaşıyor.

Dönüşüm Alanları

Teşhis, tedavi ve bakımda umut vadediyor. Hastalık ve hasta yönetiminde etkili kararları hızlandırıyor.

YZ'nin İnfeksiyon Kontrolünde Sağladığı Avantajlar



Hız ve Verimlilik

Saniyeler içinde
milyon veri
noktası analizi



Objektif Değerlendirme

İnsan yorgunluğu
ve önyargısından
arınmış analiz



Ölçeklenebilirlik

Büyük hasta
popülasyonları
için sürekli
izleme



Öğrenme Kapasitesi

Yeni verilere
göre kendi
kendini
geliştirme



POSITION PAPER

Recommendations for Clinicians, Technologists, and Healthcare Organizations on the Use of Generative Artificial Intelligence in Medicine: A Position Statement from the Society of General Internal Medicine

Byron Crowe, MD^{1,2}, Shreya Shah, MD^{3,4}, Derek Teng, MD^{1,2}, Stephen P. Ma, MD PhD¹⁹, Matthew DeCamp, MD PhD⁵, Eric I. Rosenberg, MD, MSPH⁶, Jorge A. Rodriguez, MD^{2,7}, Benjamin X. Collins, MD MS MA^{8,22}, Kathryn Huber, MD MS⁹, Kyle Karches, MD PhD¹⁰, Shana Zucker, MD MPH MS¹¹, Eun Ji Kim, MD MS MS¹², Lisa Rotenstein, MD MBA¹³, Adam Rodman, MD MPH^{1,2}, Danielle Jones, MD¹⁴, Ilana B. Richman, MD, MHS¹⁵, Tracey L. Henry, MD, MPH, MS¹⁴, Diane Somlo, MD MBA^{2,16}, Samantha I. Pitts, MD MPH¹⁷, Jonathan H. Chen, MD PhD^{18,19,20}, and Rebecca G. Mishuris, MD MS MPH^{2,7,21}

¹Division of General Internal Medicine, Beth Israel Deaconess Medical Center, Boston, MA, USA; ²Harvard Medical School, Boston, MA, USA; ³Department of Medicine, Stanford University, Palo Alto, CA, USA; ⁴Division of Primary Care and Population Health, Stanford Healthcare AI Applied Research Team, Stanford University School of Medicine, Palo Alto, CA, USA; ⁵Department of Medicine, University of Colorado, Aurora, CO, USA; ⁶Division of General Internal Medicine, Department of Medicine, University of Florida College of Medicine Gainesville, FL, USA; ⁷Division of General Internal Medicine, Brigham and Women's Hospital, Boston, MA, USA; ⁸Division of General Internal Medicine and Public Health, Vanderbilt University Medical Center, Nashville, TN, USA; ⁹Department of Internal Medicine, Kaiser Permanente, Denver, CO, School of Medicine, University of Colorado, Aurora, CO, USA; ¹⁰Department of Internal Medicine, Saint Louis University, Saint Louis, MO, USA; ¹¹Department of Internal Medicine, University of Miami Miller School of Medicine, Jackson Memorial Hospital, Miami, FL, USA; ¹²Northwell Health, New Hyde Park, NY, USA; ¹³Divisions of General Internal Medicine and Clinical Informatics, Department of Medicine, University of California at San Francisco, San Francisco, CA, USA; ¹⁴Division of General Internal Medicine, Emory University School of Medicine, Atlanta, GA, USA; ¹⁵Section of General Internal Medicine, Yale School of Medicine, New Haven, CT, USA; ¹⁶Department of Medicine, Massachusetts General Hospital, Boston, MA, USA; ¹⁷Division of General Internal Medicine, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, MD, USA; ¹⁸Stanford Center for Biomedical Informatics Research, Stanford, CA, USA; ¹⁹Division of Hospital Medicine, Stanford, CA, USA; ²⁰Clinical Excellence Research Center, Stanford, CA, USA; ²¹Digital, Mass General Brigham, Somerville, MA, USA; ²²Department of Biomedical Informatics, Vanderbilt University, Nashville, TN, USA

ABSTRACT

Generative artificial intelligence (generative AI) is a new technology with potentially broad applications across important domains of healthcare, but serious questions remain about how to balance the promise of generative AI against unintended consequences from adoption of these tools. In this position statement, we provide recommendations on behalf of the Society of General Internal Medicine on how clinicians, technologists, and healthcare organizations can approach the use of these tools. We focus on three major domains of medical practice where clinicians and technology experts believe generative AI will have substantial immediate and long-term impacts: clinical decision-making, health systems optimization, and the patient-physician relationship. Additionally, we highlight our most important generative AI ethics and equity considerations for these stakeholders. For clinicians, we recommend approaching generative AI similarly to other important biomedical advancements, critically appraising its evidence and utility and incorporating it thoughtfully into practice. For technologists developing generative AI for healthcare applications, we recommend

a major frameshift in thinking away from the expectation that clinicians will “supervise” generative AI. Rather, the organizations and individuals should hold themselves and their technologies to the same set of high standards expected of the clinical workforce and strive to design high-performing, well-studied tools that improve care and foster the therapeutic relationship, not simply those that improve efficiency or market share. We further recommend deep and ongoing partnerships with clinicians and patients as necessary collaborators in this work. And for healthcare organizations, we recommend pursuing a combination of both incremental and transformative change with generative AI, directing resources toward both endeavors, and avoiding the urge to rapidly displace the human clinical workforce with generative AI. We affirm that the practice of medicine remains fundamentally human endeavor which should be enhanced by technology, not displaced by it.

KEY WORDS: clinical practice; artificial intelligence; healthcare technology

J Gen Intern Med 40(3):694–702
DOI: 10.1007/s11606-024-09102-0
© The Author(s) 2024

Received April 30, 2024

Accepted September 27, 2024

Published online November 12, 2024

Sağlık Profesyonellerine Öneriler

Bilimsel Kanıtlar

YZ sağlık bakımı ilişkili
enfeksiyonları öngörmede
başarılıdır.

Klinik Etkinlik

YZ algoritmaları, erken tanı
sistemlerinde %90 üzerinde
doğruluk oranlarına ulaşmıştır.

Temel Zorluklar

Veri standardizasyonu, etik sorunlar ve klinik iş akışına entegrasyon en
önemli engeller olarak belirtilmektedir.

Crowe B, et al. J Gen Intern Med. 2025 Feb;40(3):694-702.

2050'ye Doğru YZ



- YZ ve makine öğreniminin enfeksiyon hastalıklarıyla mücadelede ve antimikrobiyal dirençle savaşta farklı veri kaynaklarını birleştirerek erken uyarı sistemleri geliştirdiği gösterilmiştir.
- IoT cihazları ve blokzincir teknolojisi hasta takibi ve veri güvenliğini arttırmaktadır.
- Güncel kısıtlılıklar arasında klinik doğrulama eksikliği ve algoritmaların yorumlanabilirliği yer almaktadır.

İnfeksiyon Kontrolünde Makine Öğrenimi

Sağlık hizmetlerinde görülen başlıca istenmeyen olaylar şunlardır: Sağlık bakımı ilişkili infeksiyonlar, advers ilaç olayları, venöz tromboembolizm, cerrahi komplikasyonlar, bası yaraları, düşmeler, klinik durumun kötüleşmesi ve tanı hataları.

Güncel Bulgular

Makine öğrenimi infeksiyonların izlenmesi ve tespitinde, risk öngörüsünde ve antimikrobiyal kullanımın optimizasyonunda umut verici sonuçlar göstermektedir.

Zorluklar

- Veri kalitesi sorunları
- Model yorumlanabilirliği
- Etik hususlar
- Klinik iş akışlarına entegrasyon

Gelecek Perspektifi

Disiplinler arası iş birliği ile mevcut engellerin aşılması ve kişiselleştirilmiş tıbbın geliştirilmesinde makine öğreniminin rolü, daha güvenli ve verimli sağlık ortamlarına geçişte önemli bir dönüşüm yaratabilir.

Sağlık Bakımı İlişkili Enfeksiyonlarda YZ

YZ Çözümleri: Bir derleme



YZ Modeli Performansı

YZ modellerinin %90'ın üzerinde AUROC değerleriyle enfeksiyonları öngörebildiği gösterilmiştir.



Enfeksiyon Türleri

Çalışmaların %51'i cerrahi alan enfeksiyonlarına, %9'u üriner sistem enfeksiyonlarına, %9'u pnömonilere ve %26'sı diğer enfeksiyonlara odaklanmıştır.



Klinik Etki

YZ destekli bir sistemle hastane enfeksiyon oranı %1.31'den %0.38'e düşmüş, manuel iş yükü %85 oranında azalmıştır.



Engeller

Yüksek maliyet, teknolojik kısıtlar ve sağlık çalışanlarının direnç göstermesi başlıca uygulamaya konulma zorlukları olarak belirtilmiştir.





Toplumda ve Hastanede İnfeksiyon Kontrolü: Kavramsal Çerçeve

Toplum Kaynaklı Enfeksiyonlar

Hastaneye yatıştan önceki 48 saat içinde veya toplumdaki günlük yaşam sırasında oluşan enfeksiyonlardır.

- En yaygın: solunum yolu enfeksiyonları
- Yıllık 3 milyar vaka (dünya genelinde)

Hastane Kaynaklı İnfeksiyonlar

Hastaneye yatıştan 48 saat sonra veya taburculuktan sonraki 10 gün içinde gelişen enfeksiyonlardır.

- Hastanede yatan hastaların %7-10'unda görülür
- En maliyetli: santral kateter ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonları

Yüksek Risk Grupları

Özel dikkat gerektiren hasta popülasyonları.

- İmmün sistemi baskılanmış hastalar
- Yaşlılar ve yenidoğanlar
- Çoklu invaziv girişim uygulananlar

Toplumda İnfeksiyon Kontrolünde YZ:

Kontrolünde YZ: Genel Bakış



Surveyans

Sosyal medya, sağlık kayıtları ve mobil verilerle salgın izleme



Tahmin

Mevsimsel eğilimleri analiz ederek infeksiyon riski yüksek bölgeleri belirleme



Erken Uyarı

Sıra dışı vaka artışlarında otomatik bildirim sistemleri



Müdahale

Kaynak tahsisi ve halk sağlığı önlemlerini optimize etme

YZ ile COVID-19 Erken Tanı

Soltan AAS, et al. Lancet Digit Health. 2022 Apr;4(4):e266-e278.

Soltan AAS, et al. Lancet Digit Health. 2021 Feb;3(2):e78-e87.



CURIAL-Lab

Vital bulgular ve temel biyokimya testlerine dayalı model



CURIAL-Rapide

Sadece tam kan sayımı ve vital bulgularla hızlı tahmin



Doğrulama

İngiltere’de dört farklı hastanede retrospektif ve prospektif test



Sonuçlar

Gerçek zamanlı uygulama ile ortalama 45 dakikada sonuç

Soltan ve arkadaşlarının 2022 çalışmasında, CURIAL-Rapide modelinin duyarlılığı %83.5, özgüllüğü %63.6, negatif prediktif değeri %98.6 olarak bulunmuştur. Bu yaklaşım, RT-PCR testinden yaklaşık 7 saat önce sonuç vererek enfeksiyon triyajını hızlandırmıştır.



Görüntü Analizinde Derin Öğrenme

CNN Tabanlı Modeller

Alsharif ve ekibi (2020) çalışmalarında; AlexNet, VGG, ResNet, DenseNet ve MobileNetV2 gibi derin öğrenme mimarilerinin COVID-19 tanısındaki başarısını incelemiştir.

GAN Teknolojisi

Generative Adversarial Network destekli modeller, sınırlı veri ortamlarında sentetik görüntüler oluşturarak tanı doğruluğunu artırmıştır.

En İyi Performans

ResNet-18 ve MobileNetV2, COVID-19-CT ve Mosmed veri setlerinde sırasıyla 0.89 ve 0.84 AUROC değerleriyle en iyi sonuçları vermiştir.

Klinik Uygulama

Bu yaklaşımlar, insan seviyesine yakın doğrulukta sınıflandırma yaparak COVID-19'un erken tanısını ve yayılımının kontrolünü desteklemiştir.

SARS-CoV-2 Varyant Tespitinde Yapay Zeka



Haplotip Temelli Yapay Zeka (HAI)

10 milyondan fazla genom dizisi ile eğitilmiş model



Polimutant Analizi

Çoklu aminoasit değişikliklerinin desenlerini tespit eden sistem



Rekombinant Varyant Tanımlama

7 karışım varyantı (MVs) başarıyla tespit edildi

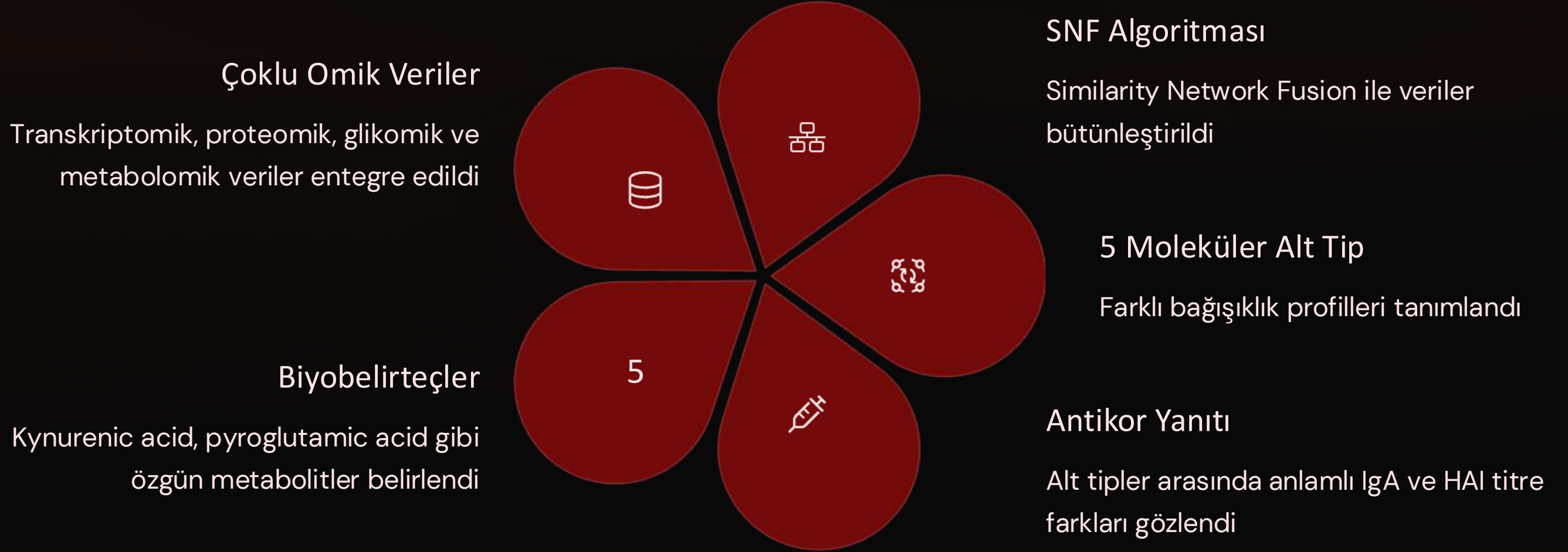


Yeni Mutasyon Tespiti

16 yeni mutasyon belirlendi, 8'i artan yaygınlık gösterdi

Zhao ve arkadaşlarının (2023) çalışmasında geliştirilen HAI modeli, SARS-CoV-2'nin yeni varyantlarını %93 doğrulukla tanımlayabilmiştir.

Grip Aşı Yanıtının Moleküler Alt Tipleme



Bayrak ve ekibinin 2024 çalışması, aşı yanıtının önceden var olan bağışıklık durumuyla güçlü ilişkisini göstermiştir.



El Hijyeni: Neden Kritik?

80%

Önlenebilir

Hastane enfeksiyonlarının büyük çoğunluğu
el hijyeniyle önlenebilir

48%

Uyum Oranı

Sağlık çalışanlarının ortalama el hijyeni uyum yüzdesi

8.8M

Global Etki

Dünyada yıllık el hijyeni eksikliğine bağlı ölüm

5

Kritik Endikasyon

DSÖ tarafından belirlenen
el hijyeni için endikasyon sayısı

El Hijyeni İzleminde Geleneksel Yöntemler

Direkt Gözlem

Eğitimli gözlemcilerin sağlık çalışanlarını izleyerek not alması.
Hawthorne etkisi nedeniyle davranış değişikliği olabilir.



Ürün Tüketimi

El dezenfektanı kullanım miktarının ölçülmesi.
Bireysel performans değerlendirmesi yapılamaz.



Manuel Kayıt

Kağıt formlarla uyum takibi.
Veri toplama ve analizde gecikmeler yaşanır.



Öz Bildirim

Sağlık çalışanlarının kendi uyumlarını rapor etmesi.
Çoğunlukla olduğundan yüksek bildirilir.



El Hijyeninde YZ Tabanlı Otomasyonlar



Elektronik İzleme Sensörleri

Giriş-çıkışları algılayan kızılötesi sensörler



Akıllı Rozet Sistemleri

Çalışanların el hareketlerini analiz eden giyilebilir teknoloji



Görüntü İşleme Sistemleri

El hareketlerini tanıyan kamera temelli çözümler



Gerçek Zamanlı Takip Panelleri

Uyum oranlarını anlık gösteren interaktif ekranlar

Türkiye'de El Hijyeni Takip Sistemleri, Bir Örnek

Proje Adı	Giresun Devlet Hastanesi Akıllı El Hijyeni Sistemi
Başlangıç Tarihi	Mart 2022
Kapsam	4 yoğun bakım ünitesi, 120 yatak, 86 sağlık personeli
Teknoloji	RFID kartlı sensör, dezenfektan ölçüm sensörleri, YZ algoritması
Başlangıç Uyum Oranı	%43
6. Ay Uyum Oranı	%78
SBİİ Oranındaki Düşüş	%32



YZ Destekli El Hijyen Takip Sisteminin Çalışma Prensipleri



Oda Giriş/Çıkış Tespiti

Kapı eşiklerindeki sensörler ve RFID tanımlama ile personel hareketleri izlenir.



Dezenfektan Kullanımı Ölçümü

Akıllı dispenseler kullanım hacmini ve süresini kaydeder.



Algoritma Analizi

YZ, fırsatları ve gerçekleşen hijyen eylemlerini eşleştirir.



Raporlama ve Geri Bildirim

Anlık uyarılar ve performans raporları oluşturulur.

El Hijyeni ve Davranışsal Nudge Stratejileri



Bilişsel Engeller

Zaman kısıtları ve bilişsel önyargılar uyum oranlarını %40 kadar düşürebilir.



Dürtme Teorisi

Thaler ve Sunstein'in geliştirdiği yöntem, görsel ve işitsel ipuçlarıyla davranış değişikliği sağlar.



YZ Entegrasyonu

Akıllı dispenserlar ve giyilebilir cihazlar kritik anlarda gerçek zamanlı geri bildirim sağlar.



Oyunlaştırma

Dürtme teorisinin oyunlaştırma stratejileriyle birleşimi pozitif alışkanlıkları pekiştirir.

Bhattacharjee ve ekibinin 2025 çalışmasına göre, YZ tabanlı dürtme stratejileri el hijyeni uyumunu %30'a kadar artırabilmektedir.

Bhattacharjee S, et al. Front Public Health. 2025 Jan 23;12:1522045.





YZ'nin İnfeksiyon Kontrolü Eğitiminde Kullanımı

90%

Pratik Beceri Gelişimi

Sanal gerçeklik eğitim modüllerinde simüle edilmiş hastalarla çalışma

75%

Bilgi Kalıcılığı

Geleneksel eğitime kıyasla artan bilgi kalıcılığı oranı

300+

Senaryo Çeşitliliği

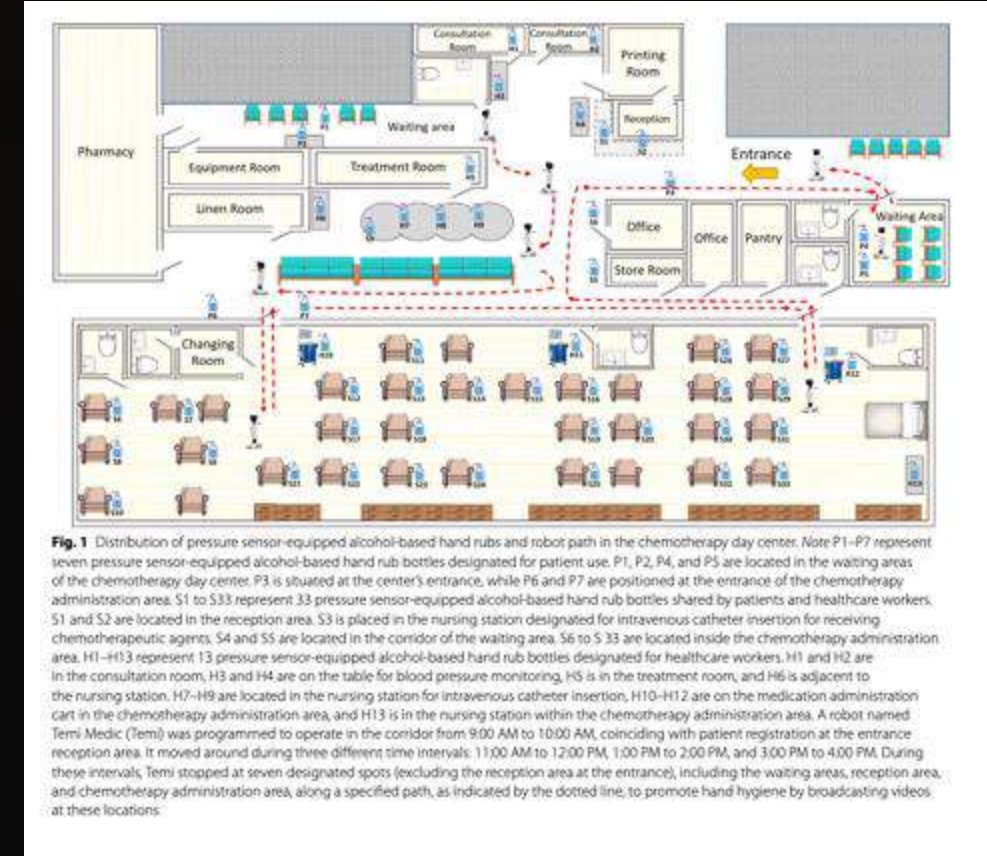
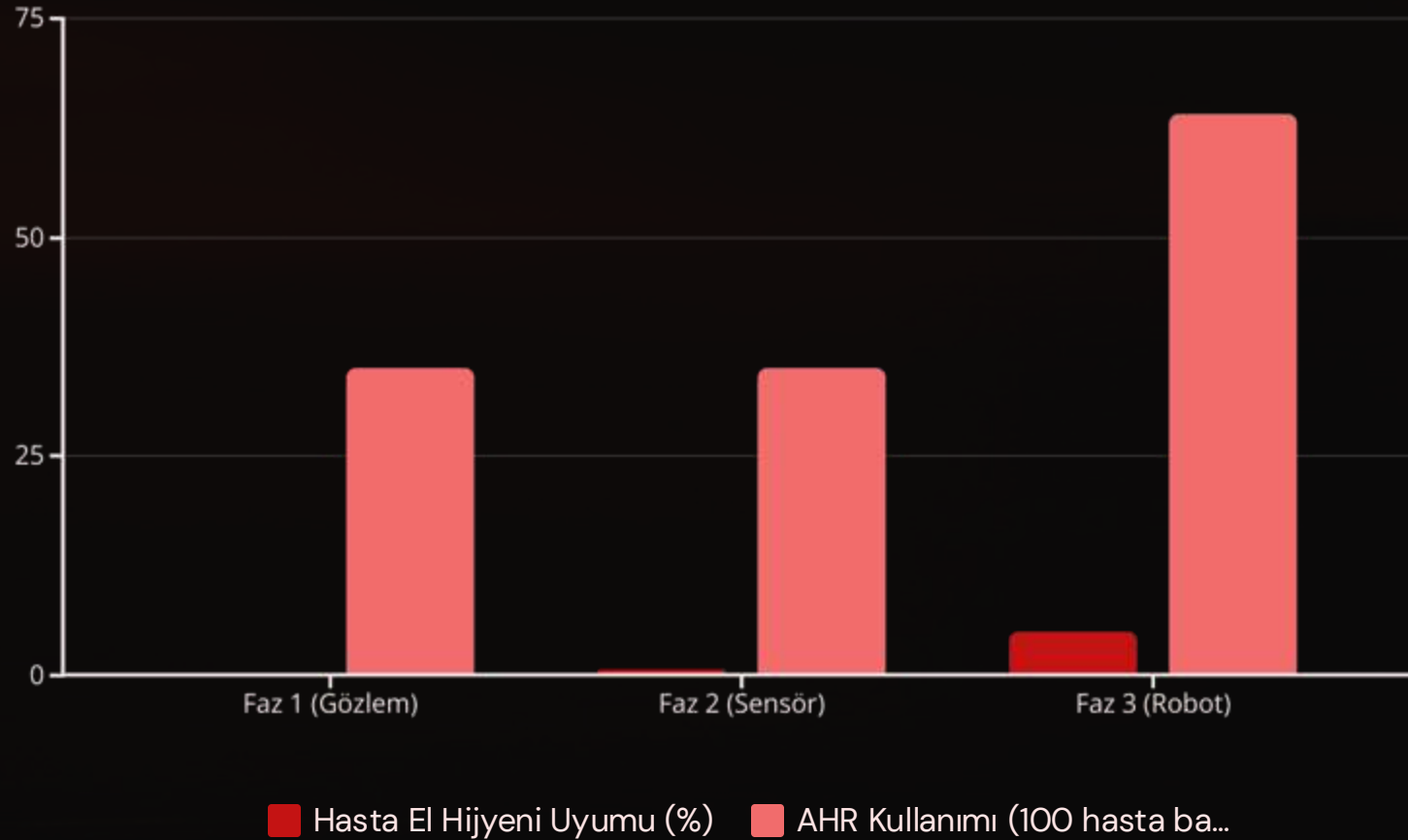
YZ tarafından oluşturulan farklı enfeksiyon senaryosu sayısı

58%

Maliyet Tasarrufu

Fiziksel eğitimlere kıyasla sağlanan maliyet avantajı yüzdesi

Temi Medic: Video Yayınları Yapan El Hijyeni Robotu Uygulaması



- Wong ve ark. (2024) çalışmasının Faz 3 aşamasında, el hijyeniyle ilgili video yayınları yapmanın yanı sıra yıkama sırasındaki her hareket ve adımı gerçek zamanlı olarak analiz edip puanlayan robot kullanılmıştır.
- Hong Kong'daki Kemoterapi Gündüz Merkezi'nde robotun tanıtılması hastaların el hijyeni uyumunu %0.5'ten %5.0'a yükseltmiş ve alkol bazlı el antiseptiği kullanımını anlamlı oranda artırmıştır.



Soapy Clean Machine-Ayna Destekli Uygulama

1 Akıllı Mikroistasyon

Tamamen otomatik, kişiselleştirilebilir ve temassız çalışan YZ destekli el yıkama istasyonu.

3 Yasal Uyumluluk

İtalya yasalarınca kullanımı onaylanmış bir sistem

2 Performans Değerlendirmesi

Her kullanıcının sosyal ve antiseptik el yıkama performansını ayrıntılı olarak analiz eder.

4 Adım Adım İzleme

Sabun kullanımı, yıkama ve durulama aşamalarını ayrı ayrı değerlendirip başarı yüzdesi hesaplar.

- Simioli ve ekibinin çalışmasında, Soapy sisteminin Yenidoğan Yoğun Bakım, Pediatrik Kardiyoloji ve Yetişkin Göğüs Hastalıkları Yoğun Bakım birimlerinde başarıyla test edildiği bildirilmiştir.

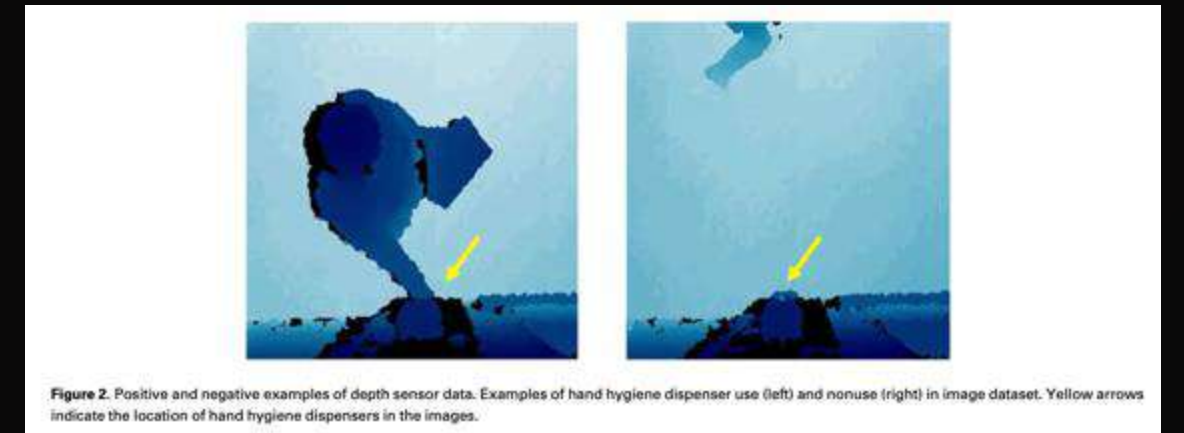
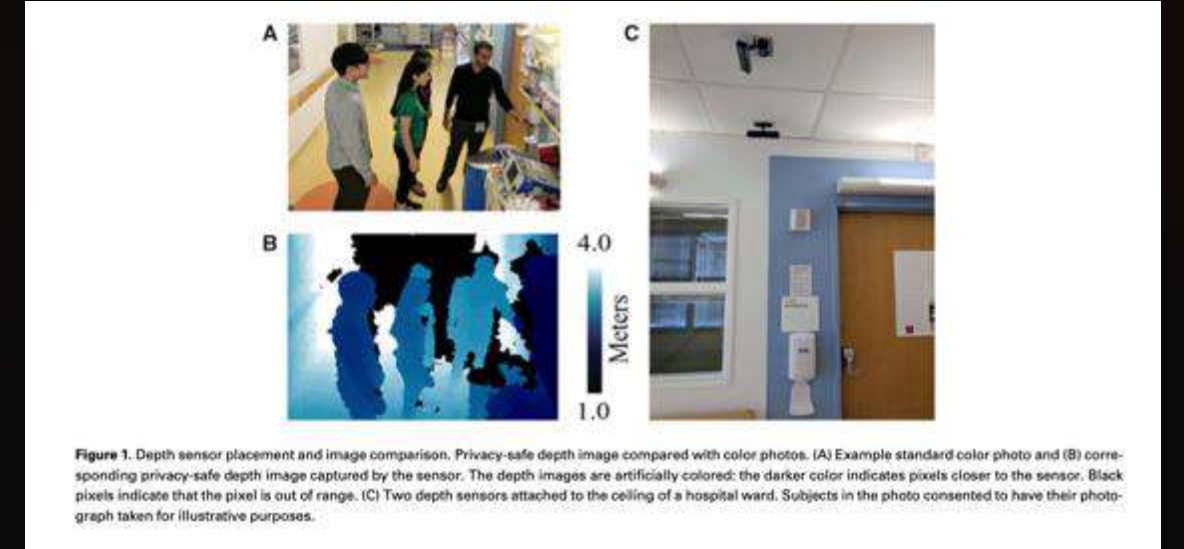
El Hijyeni Analiz Teknolojileri



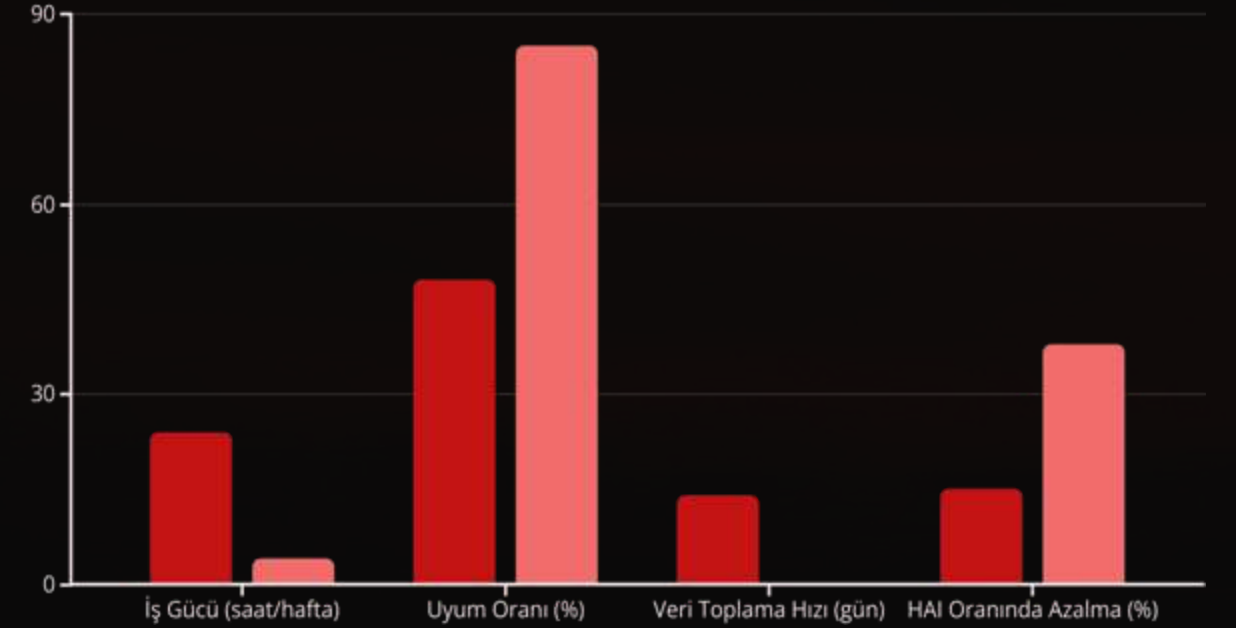
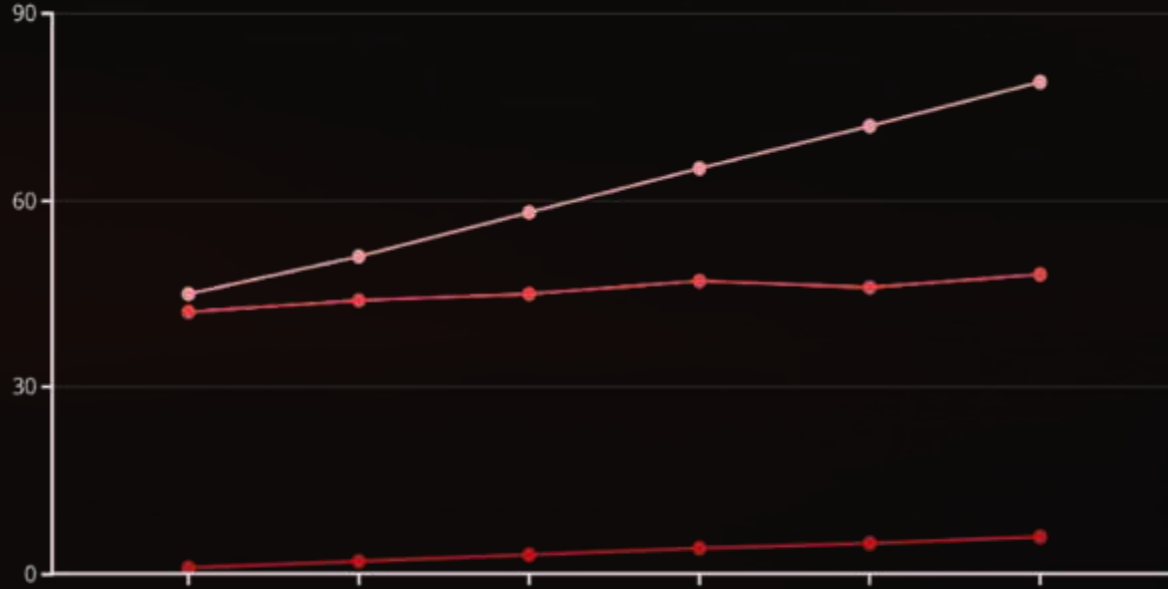
- Yapay zeka destekli görüntü işleme teknolojileri, el hijyeni uyumunu izlemek için giderek daha yaygın kullanılmaktadır.
- Bu sistemler, mahremiyeti koruyan derinlik sensörleri ve akıllı kameralar kullanarak sağlık personelinin el hareketlerini analiz eder ve uygun teknikle el hijyeni yapılıp yapılmadığını değerlendirir.

Derinlik Sensörlü El Hijyeni Takibi

Çalışma	Yöntem	Sonuçlar
Singh ve ark. (2020)	DenseNet temelli algoritma ile dispenser kullanımı tespiti	İnsan gözlemleriyle %96.8 uyum (Cohen's kappa = 0.85)
Algortima Performansı	Derinlik sensörleriyle toplanan 111.080 görüntü üzerinde eğitim	Duyarlılık %92.1, özgüllük %98.3
İnsan Gözlemleri	Üç bağımsız değerlendirici	Değerlendiriciler arası uyum %95.4 (Fleiss's kappa = 0.87)
Avantajlar	Mahremiyeti koruyan yapı, sürekli gözlem	İnsan gözlemine kıyasla yüksek doğruluk ve objektiflik



Sağlık Personelinde Davranış Değişikliğine YZ Katkısı



Anlık Geri Bildirim

- El hijyeni ihmal edildiğinde personelin akıllı rozetinde titreşim veya ışık sinyali oluşur.
- Bu uyarılar anında düzeltici davranışı tetikler ve uyum oranlarını artırır.

Oyunlaştırma

- Rekabet ve ödül sistemleri motivasyonu artırır.
- Departman bazlı liderlik tabloları personel katılımını güçlendirir ve ekip ruhu oluşturarak sürdürülebilir davranış değişikliği sağlar.

Kişiselleştirilmiş Eğitim

- Sistemin tespit ettiği eksikliklere göre hedeflenmiş eğitim modülleri sunulur.
- Zayıf alanlar özel olarak ele alınır ve personelin el hijyeni becerilerini geliştirmesi sağlanır.

Dünya Sağlık Örgütü Bulguları ve YZ'ye Yansımalar



DSÖ'nün 5 Kritik Endikasyonu

- YZ sistemleri, DSÖ'nün belirlediği 5 kritik endikasyonu (hasta teması öncesi/sonrası, aseptik işlemler öncesi, vücut sıvıları sonrası, hasta çevresi sonrası) izleyebilecek şekilde programlanır.



Global Yaygınlık

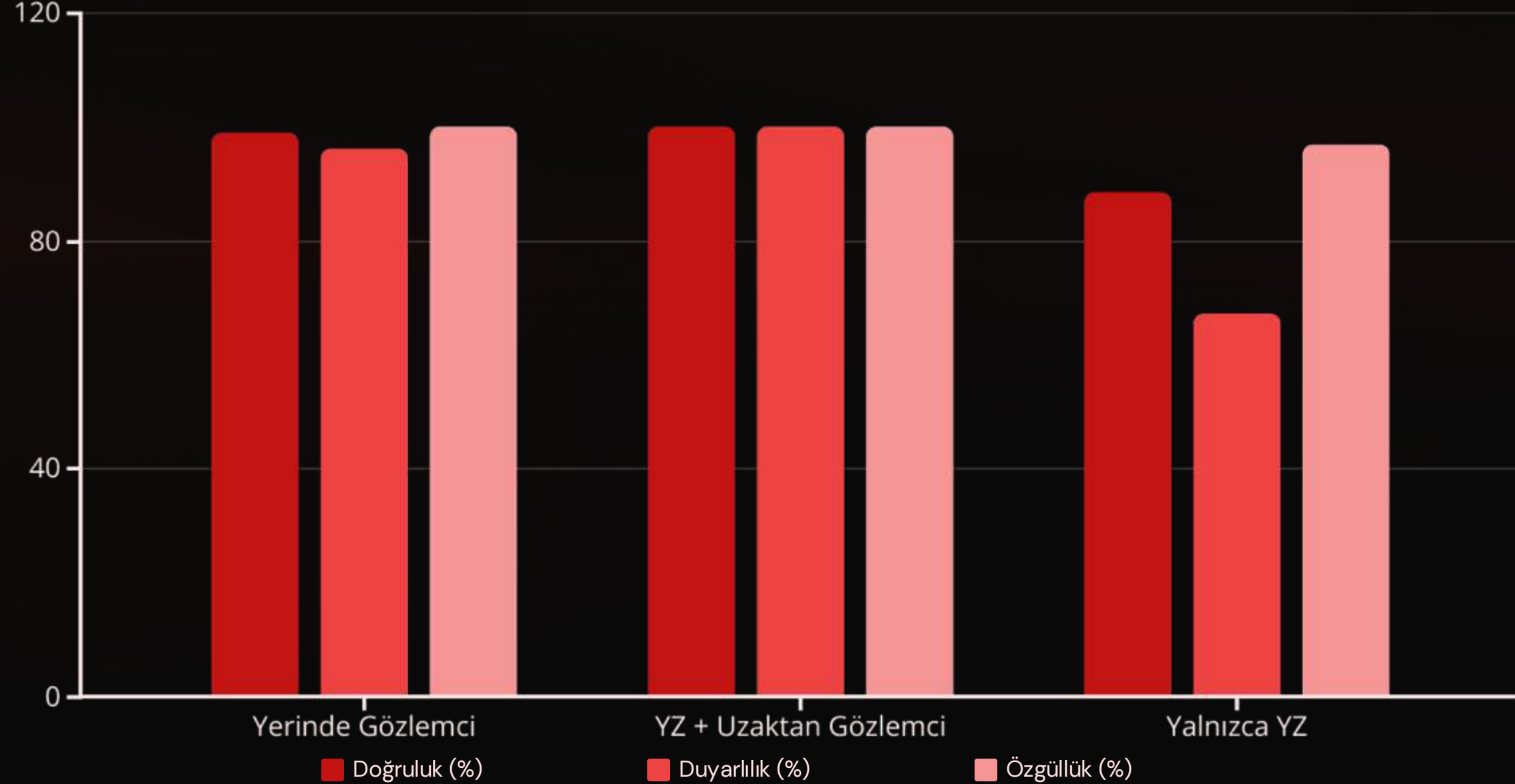
- DSÖ verilerine göre yüksek gelirli ülkelerde %7, düşük gelirli ülkelerde %15 hastane enfeksiyonu görülür.
- YZ uygulamaları bu farkı kapatmaya yardımcı olabilir.



Öz Değerlendirme

- DSÖ'nün El Hijyeni Öz Değerlendirme Çerçevesi ile YZ sistemlerinin entegrasyonu kurumsal ilerlemeyi hızlandırabilir.

Kişisel Koruyucu Ekipman Kullanımında YZ Desteği



- Segal ve ark. (2023) çalışmasında, BlueMirror yazılımı ile geliştirilen YZ+Uzaktan Gözlemci sistemi KKE giyme ve çıkarma süreçlerinin doğruluğunu değerlendirmede %100 doğruluk sağlamıştır.
- Sadece YZ sistemi ise hataların %67.3'ünü kendi başına tanımlayabilmiştir.



KKE Kullanımında YZ Sistemlerinin Avantajları

Sürekli Değerlendirme

İnsan gözlemcilerden farklı olarak, YZ sistemleri 7/24 çalışarak her KKE giyme ve çıkarma prosedürünü değerlendirebilir.

Anlık Geri Bildirim

Sağlık çalışanları prosedür esnasında hataları anında görerek düzeltebilir, bu da enfeksiyon riskini önemli ölçüde azaltır.

Eğitim Desteği

Toplanan veriler, kurumsal eğitim programlarının iyileştirilmesi için kullanılabilir ve sık yapılan hatalara odaklanılabilir.

Uzaktan Erişim

Enfeksiyon kontrol uzmanları izolasyon alanlarına girmeden uzaktan değerlendirme yapabilir, bu da uzman kaynaklarını optimize eder.

Riskli Hastaların Tespitinde YZ: Ana Yaklaşımlar



Risk Puanlama Sistemleri

YZ algoritmaları, enfeksiyon risk faktörlerini ağırlıklandırarak bireysel risk skorları oluşturur.
Korbiditeler, girişimler ve mikrobiyal veriler değerlendirilir.



Ağ Analitiği

Hasta etkileşimleri ve fiziksel yakınlık haritaları çıkarılır.
Potansiyel bulaş yolları modellenir ve enfeksiyon zinciri tahmin edilir.



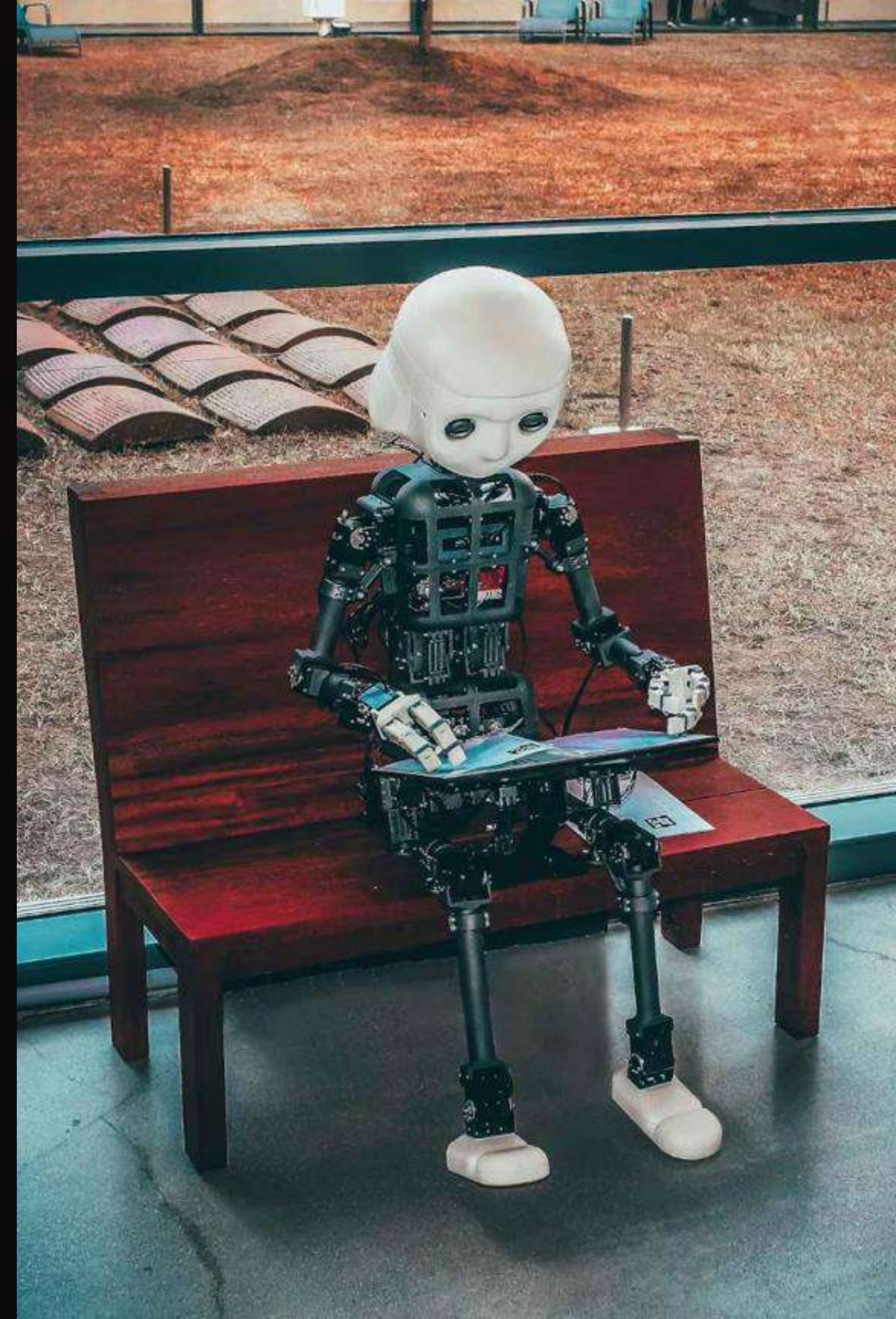
Temporal Veri Analizi

Zamansal kalıplar ve trendler incelenir.
Enfeksiyon riskinin arttığı dönemler ve tetikleyici olaylar belirlenir.



Biyobelirteç Entegrasyonu

Laboratuvar belirteçleri, mikrobiyolojik veriler ve genetik faktörler analiz edilir.
Kişiselleştirilmiş risk profilleri çıkarılır.



Makine Öğrenimi ve Hasta Risk Sınıflandırması



Rastgele Orman Algoritması

- Çok sayıda karar ağacı kullanarak yüksek doğrulukta enfeksiyon risk tahmini yapar.
- Özellik önemi analizi risk faktörlerini sıralar.



Derin Öğrenme

- Zamana bağlı değişiklikleri yakalayan derin sinir ağları, kompleks hasta verilerindeki gizli ilişkileri ortaya çıkarır.



Lojistik Regresyon

- Demografik ve klinik değişkenleri kullanarak enfeksiyon olasılığını hesaplar.
- Yorumlanabilir sonuçlar sunar.



K-Means Kümeleme Kümeleme

- Benzer risk faktörlerine sahip hasta gruplarını belirler.
- Hedefli önleme stratejileri geliştirilmesini sağlar.

Çoklu Veri Kaynaklarının Entegrasyonu



- YZ sistemleri, farklı veri kaynaklarını entegre ederek bütüncül risk değerlendirmesi yapar ve tahmin doğruluğunu artırır.

Antimikrobiyal Direnç Tespiti ve İzleminde YZ

Fenotipik Direnç Analizi

- YZ ile görüntü tanıma, kültür sonuçlarını otomatik yorumlar.
- Klasik yöntemlerden 24-48 saat daha hızlı sonuç verir.

Genetik Direnç Belirteçleri

- Derin öğrenme modelleri, genom sekans verilerinden direnç genlerini tespit eder.
- Yeni direnç mekanizmalarını keşfeder.

Direnç Haritalaması

- YZ algoritmaları, coğrafi bölgelere ve sağlık kuruluşlarına göre direnç paternlerini haritalandırır.
- Yayılımı izler.

Direnç Tahmini

- Makine öğrenimi, antibiyotik kullanımı ve direnç gelişimi arasındaki ilişkiyi modelleyerek gelecek eğilimleri öngörür.

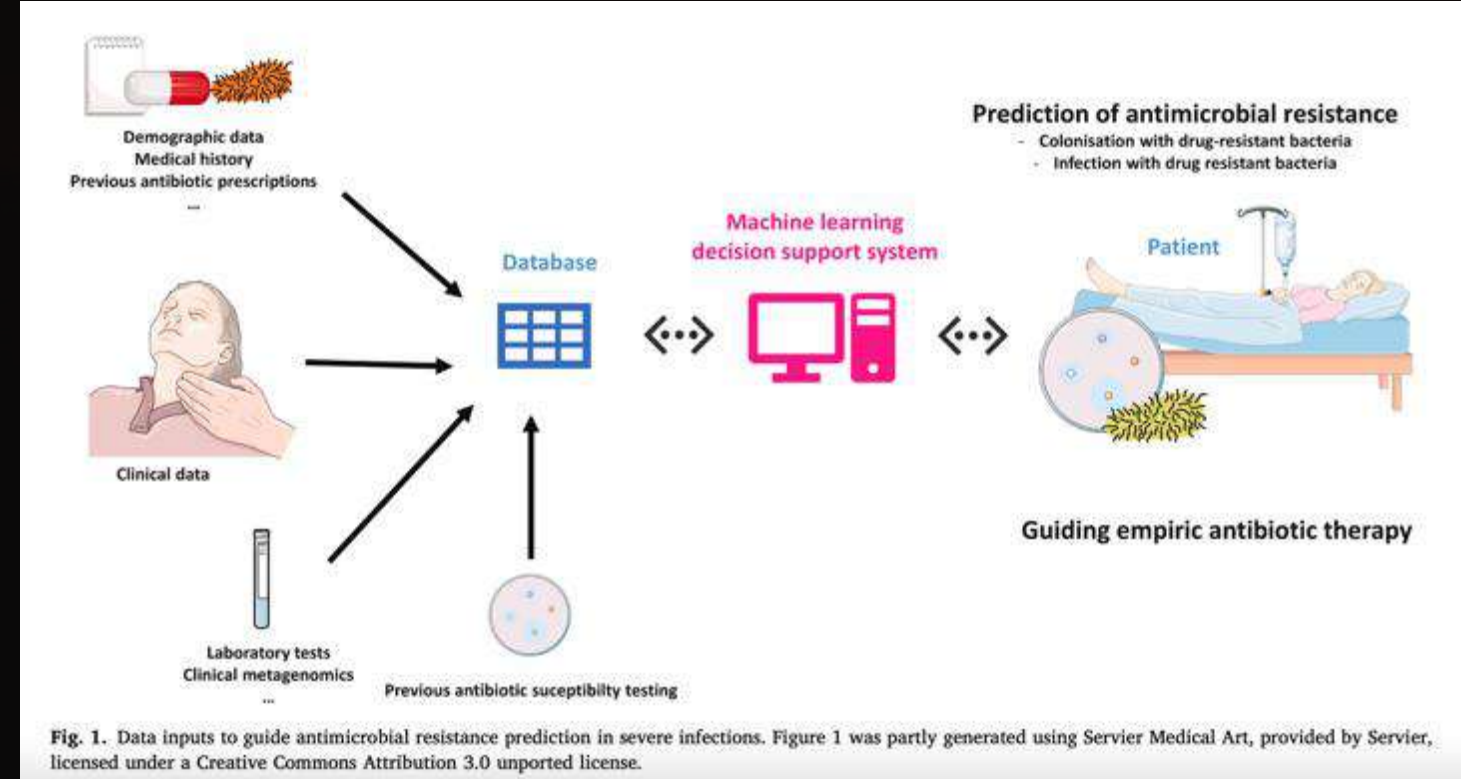
Makine Öğrenmesi ile Antimikrobiyal Direnç Tahmini

🎯 Hedef Organizmalar
Çalışmaların %92'sinde gram-negatif bakteriler (*P. aeruginosa*, *A. baumannii*, *K. pneumoniae*) incelenmiştir.

★ Algoritmalar
Lojistik regresyon (%44), karar ağaçları (%42), random forest (%36) en sık kullanılan yöntemlerdir.

📋 Başarı Oranları
AUROC değerleri 0.56 – 0.93 aralığında değişmektedir. En başarılı modeller YBÜ hastalarında sepsis tahmini yapanlardır.

📌 Antibiyotik Önerisi
Çalışmaların %22'sinde ML doğrudan antibiyotik seçiminde kullanılmış, idrar yolu infeksiyonlarında geniş spektrumlu antibiyotik kullanımında %67 azalma sağlanmıştır.



- Kherabi ve ark. (2024) çalışmasına göre, makine öğrenmesi antimikrobiyal direnç tahmini ve uygun antibiyotik seçiminde umut vaat etmektedir.

Ajan Tabanlı Modelleme ve C. difficile İnfeksiyonu

H-ABM Modeli

Scaria ve ekibi (2023), genel hastane ajan tabanlı modelini 426 yataklı akademik hastaneye özel koşullara uyarlamıştır.

- Fiziksel yapı ve ajan davranışları
- Hastaneye özgü parametreler
- 2013–2018 CDI insidans karşılaştırması

Doğrulama Metrikleri

Sosyal-çevresel ağ yapısı, kolonizasyon baskısı ölçütü ile değerlendirilmiştir.

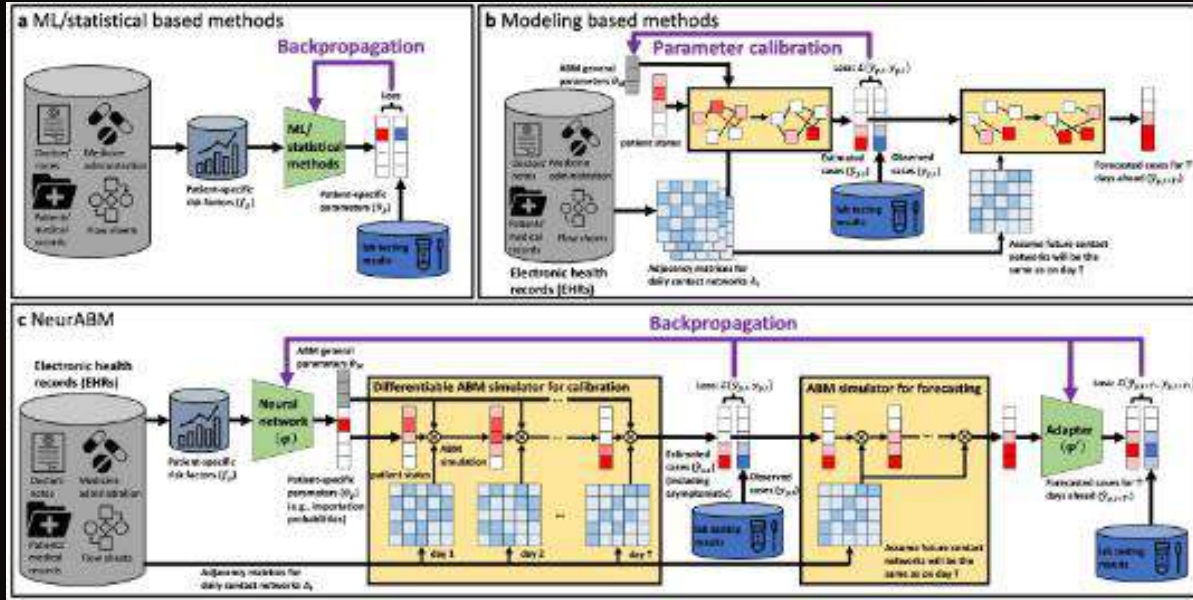
- CDI yükü ile kolonizasyon/enfeksiyon riski ilişkisi
- Risk oranı: 1.37 (%95 GA: 1.17–1.59)
- Enfeksiyon kontrol müdahalelerinin etkinliği

Sonuçlar

Model, enfeksiyon kontrolüne yatırım yapılan dönemde yaklaşık %46'lık bir CDI insidans düşüşünü başarıyla öngörmüştür.

Hastaneye özgü modelleme, enfeksiyon kontrol stratejilerinin etkinliğini değerlendirmede kritik öneme sahiptir.

NeurABM: Dirençli Organizmaların Tespiti İçin Yeni Bir Hibrit Model



Amaç

Hastanelerde çok ilaca dirençli organizmaların (MDRO) dışarıdan getirilme ve asemptomatik yayılımını daha doğru saptamak
Gelecek hastane enfeksiyonlarını tahmin etmek



Veri Kaynakları

Virjinya Üniversite Hastanesi yoğun bakım ünitesi
Laboratuvar test sonuçları ve günlük temas ağları



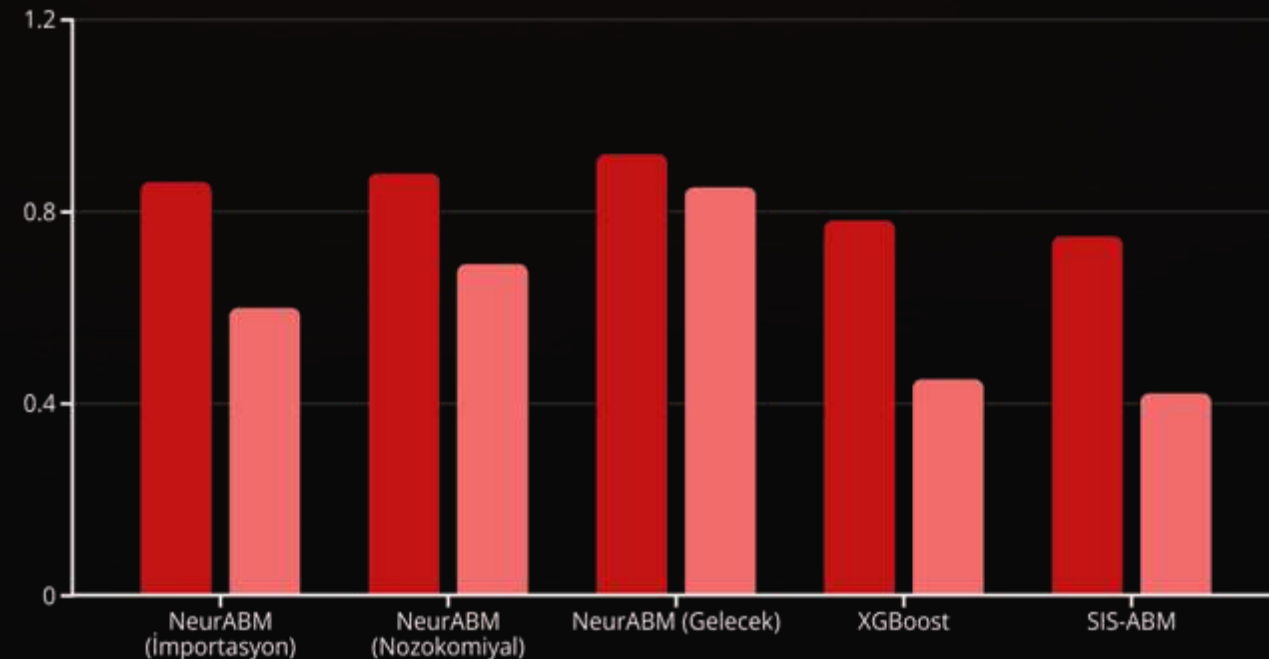
Model Bileşenleri

Derin öğrenme: Hastaya özel enfeksiyon riski tahmini
ABM: MRSA yayılım dinamiğini simüle eden SIS-ABM
Entegre eğitim: Hem nöral ağ hem de ABM eş zamanlı olarak "uçtan uca" eğitildi



Karşılaştırılan Yöntemler

Naive Bayes, XGBoost, karar ağaçları, feedforward neural network
SIS-ABM, SILI-ABM, Autoencoder+KNN, length-of-stay skorlaması



NeurABM Modelinin Performans Sonuçları

0.86

Importation AUC-ROC

Dışarıdan getirilen vakaların tespitinde en yüksek değer

0.88

Mevcut Enfeksiyon AUC-ROC

Hastane enfeksiyonlarının tanımlanmasında üstün performans

0.92

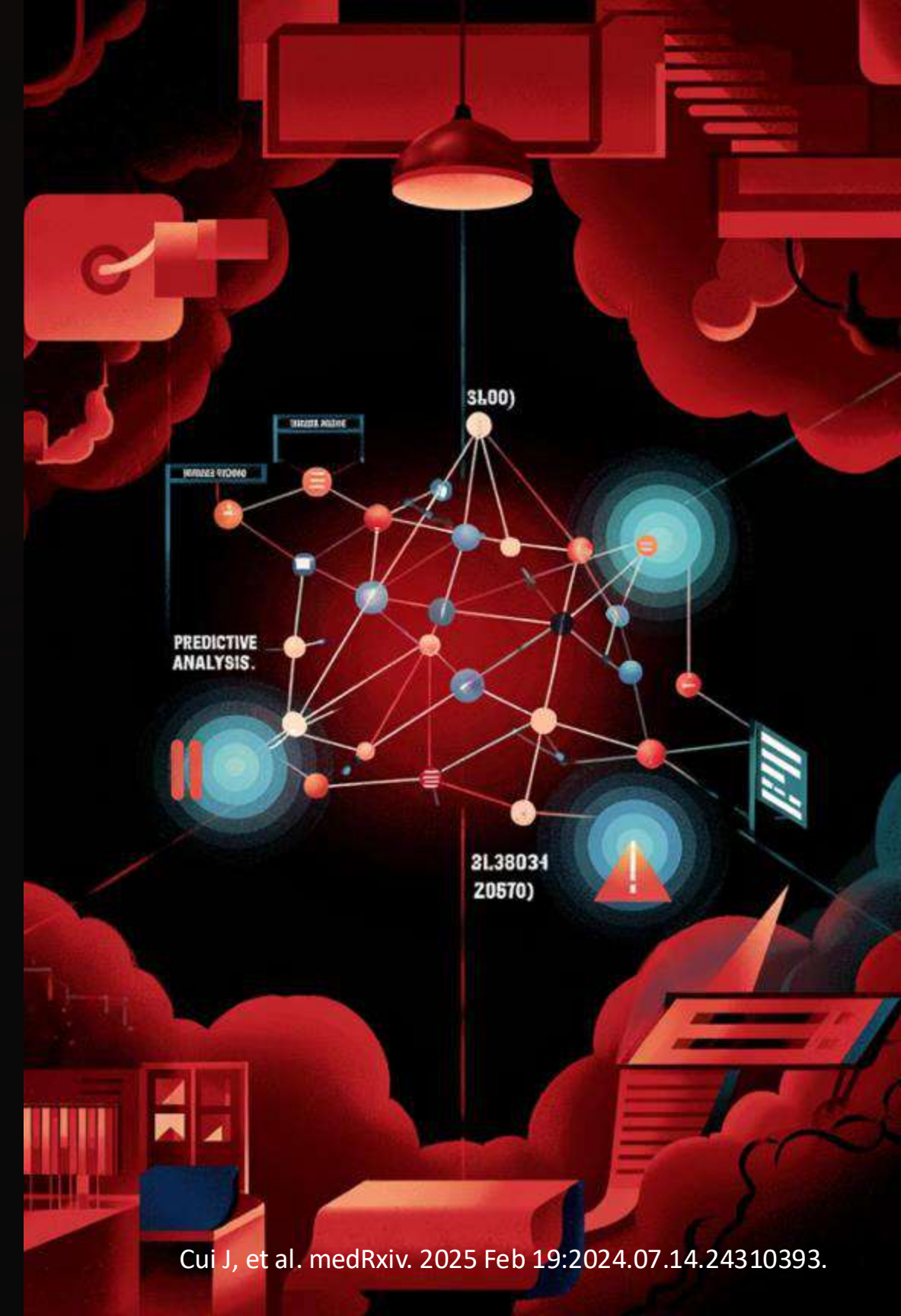
Gelecek Tahmin AUC-ROC

Gelecekteki hastane enfeksiyonlarının öngörüsünde yüksek başarı

88%

Risk Belirleme Oranı

İlk %20 en riskli hasta test edildiğinde gerçek MRSA taşıyıcılarının saptanma oranı



Literatürdeki Diğer Uygulamalar

Hastane İnfeksiyonları Tahmini

MRSA ve influenza yayılımı analizi yapan makine öğrenme sistemleri geliştirilmiştir.

Kateter ilişkili kan dolaşımı ve üriner sistem infeksiyonu risklerini öngören modeller mevcuttur.

Ventilatör İlişkili Pnömoni

Ventilatör ilişkili pnömoni gelişimi riskini analiz eden sistemler gerçek hasta verileriyle doğrulanmıştır.

Aşı ve İlaç Geliştirme

ESKAPE patojenler için potansiyel aşı antijenlerinin belirlenmesinde yapay zeka kullanılmıştır.

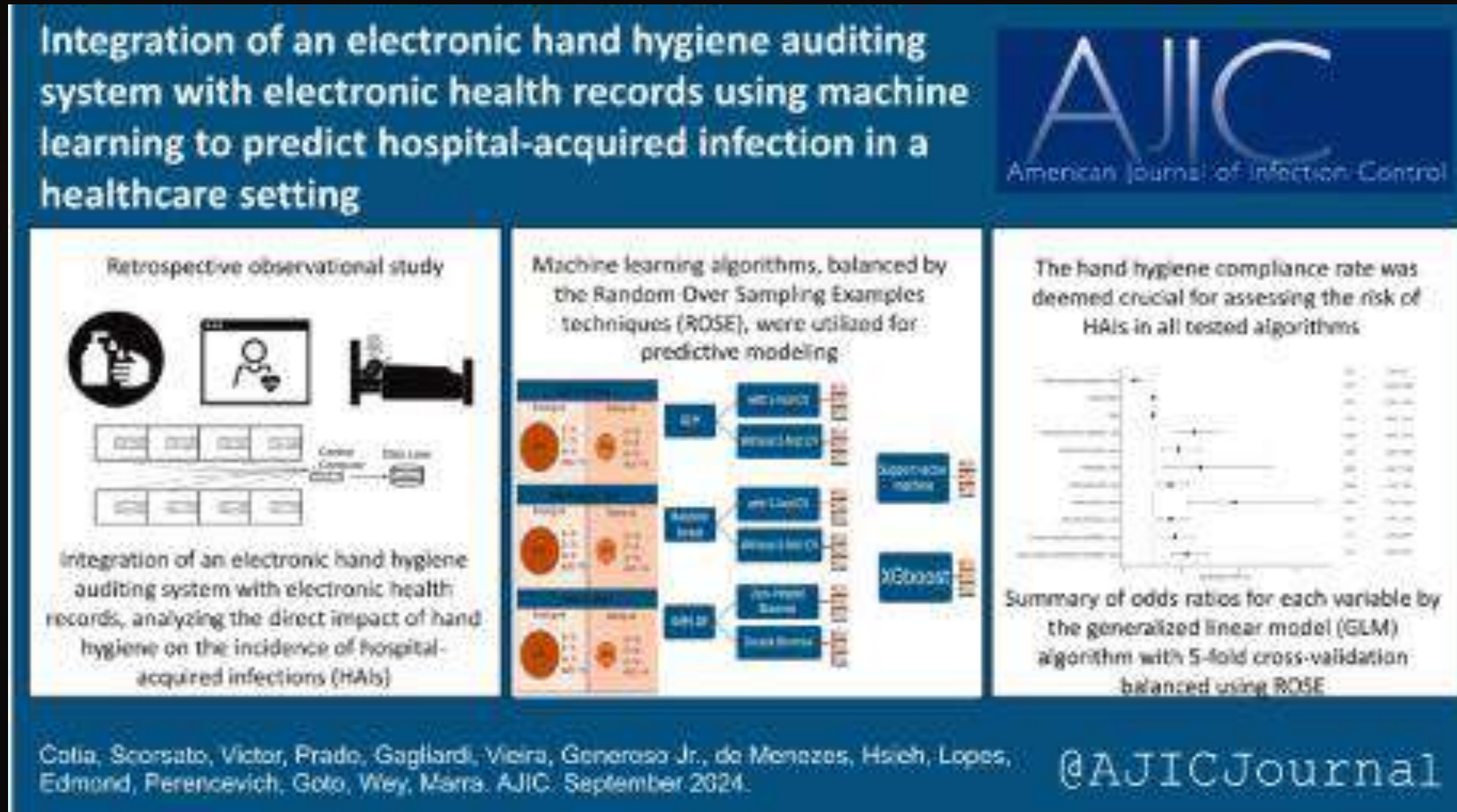
Pseudomonas aeruginosa biyofilm inhibitörlerinin geliştirilmesinde yapay zeka modelleri denenmiştir.

Cho Y, et al. BMC Infect Dis. 2024 May 2;24(1):466.
Møller JK, et al. PLoS One. 2021 Mar 31;16(3):e0248636.
Samadani A, et al. Artif Intell Med. 2023 Dec;146:102715.
Stachel A, et al. Curr Opin Infect Dis. 2021 Aug 1;34(4):333-338.
Nasir S, et al. Vaccine. 2024 Sep 17;42(22):126204.
Carneiro J, et al. J Comput Aided Mol Des. 2023 Jun;37(5-6):265-278.

Sağlık Bakımı İlişkili İnfeksiyonlarda YZ ve MÖ Uygulamaları

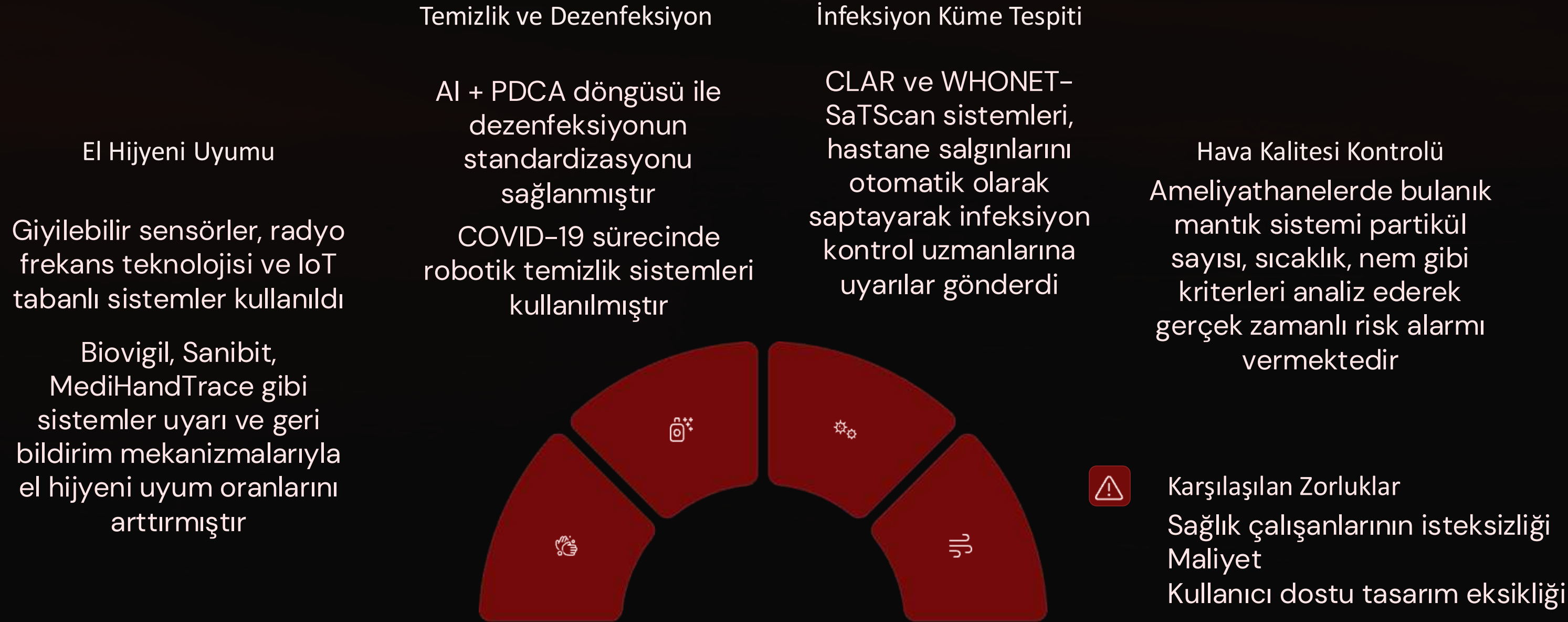


Sağlık Bakımı İlişkili Enfeksiyonlarda YZ ve MÖ Uygulamaları

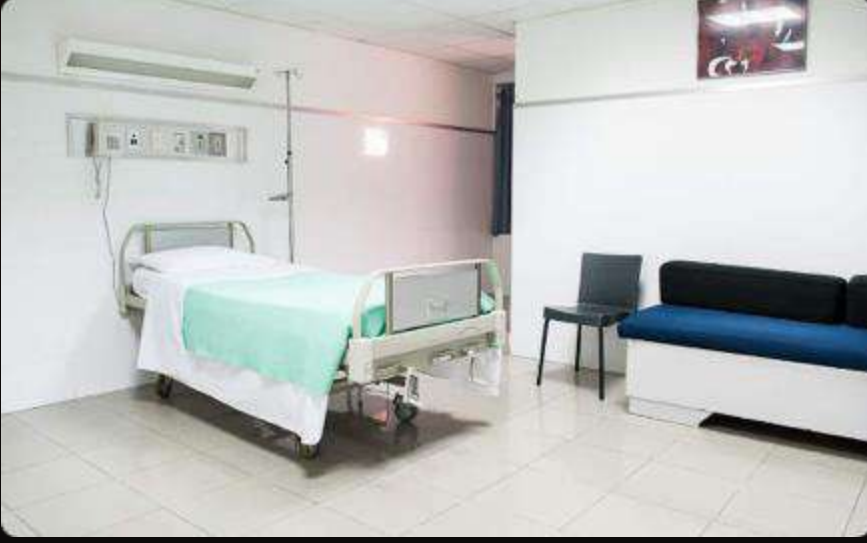


Enfeksiyon Kontrol Uygulamalarında Otomasyon ve Robotik Teknolojiler: Bir derleme

Bir derleme



Temizlikte Robotların Rolü ve YZ



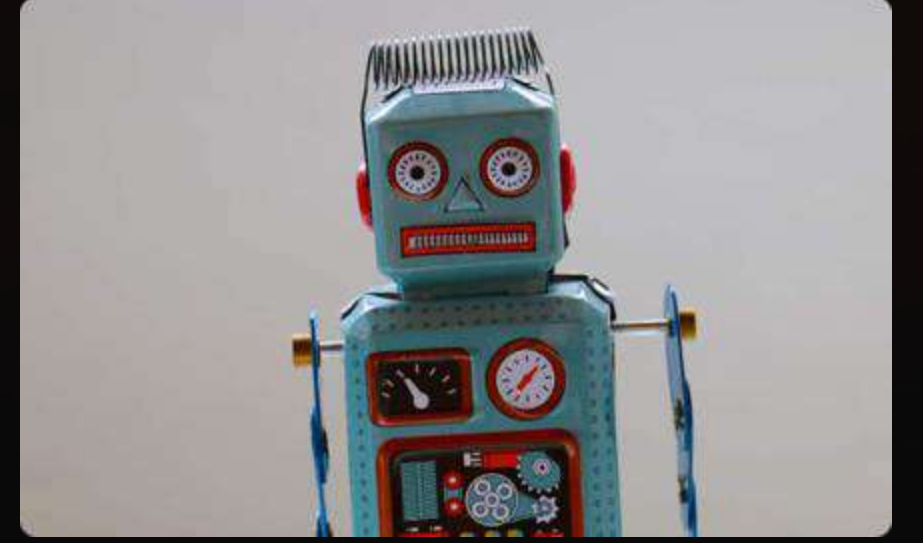
UV Dezenfeksiyon Robotları

Ultraviyole ışınlarla patojenlerin DNA yapısını bozar.
YZ ile oda haritalama ve optimal ışın açısını belirler, personel için güvenli mesafe hesaplanır.



Otonom Yüzey Temizleme

Sensörlerle kir seviyesini tespit eder ve temizlik yoğunluğunu ayarlar.
Hastane planını öğrenerek optimum rotalar belirler.
İnsan trafiğine göre programını düzenler.



Hava Temizleme Sistemleri

Hava kalitesi sensörleriyle mikrobiyal yükü ölçer.
HEPA filtrasyon ve UV sterilizasyon kombinasyonu kullanır.
Kirlilik paternlerini öğrenerek proaktif temizlik yapar.

Temizlik Robotlarında Yapay Zeka Algoritmaları

SLAM Haritalama

Robot, eş zamanlı konum belirleme ve haritalama ile hastane ortamını 3D olarak öğrenir. Çevresel değişikliklere dinamik olarak adapte olabilir ve hareketli engelleri tanıyabilir.

Görüntü İşleme

Kameralar ve sensörler aracılığıyla kir ve leke tespiti yapar, kategorize eder. Yüzey türlerine göre optimum temizlik yöntemini belirler ve uygular.

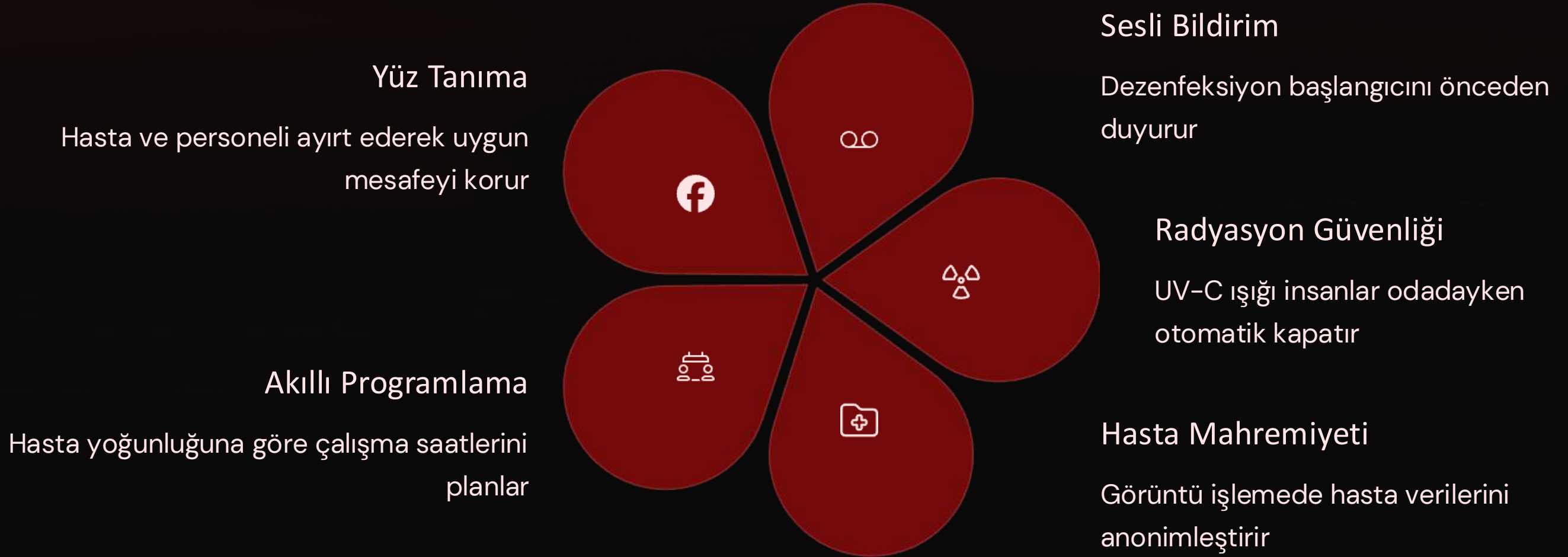
Yol Planlama

Trafik yoğunluğu, temizlik aciliyeti ve hasta mahremiyetine göre rota optimize eder. Tıbbi işlemleri bölmeden en verimli dezenfeksiyon yolunu hesaplar.

Adaptif Öğrenme

Her temizlik sonrası performans değerlendirmesi yaparak stratejilerini iyileştirir. Spesifik hastane bölümlerine göre temizlik protokollerini özelleştirir.

Robotik Temizlikte Hasta Güvenliği ve Uyum



Temizlik Robotlarının Klinik Etkinliği ve Sınırlamaları

Klinik Başarı Örnekleri

Radyoloji ünitelerinde ve ameliyathanelerde kullanım başarısı bildirilmiştir.

- McGinn C, et al. Am J Infect Control. 2022 Aug;50(8):947–953
- Casini B, et al. J Hosp Infect. 2025 Feb;156:72–77

Standart temizliğe kıyasla kontaminasyon oranlarında anlamlı düşüş gözlenmiştir.

Önemli Sınırlamalar

Bu teknolojinin virüslerin inaktivasyonu için yeterli olamayabileceği unutulmamalıdır.

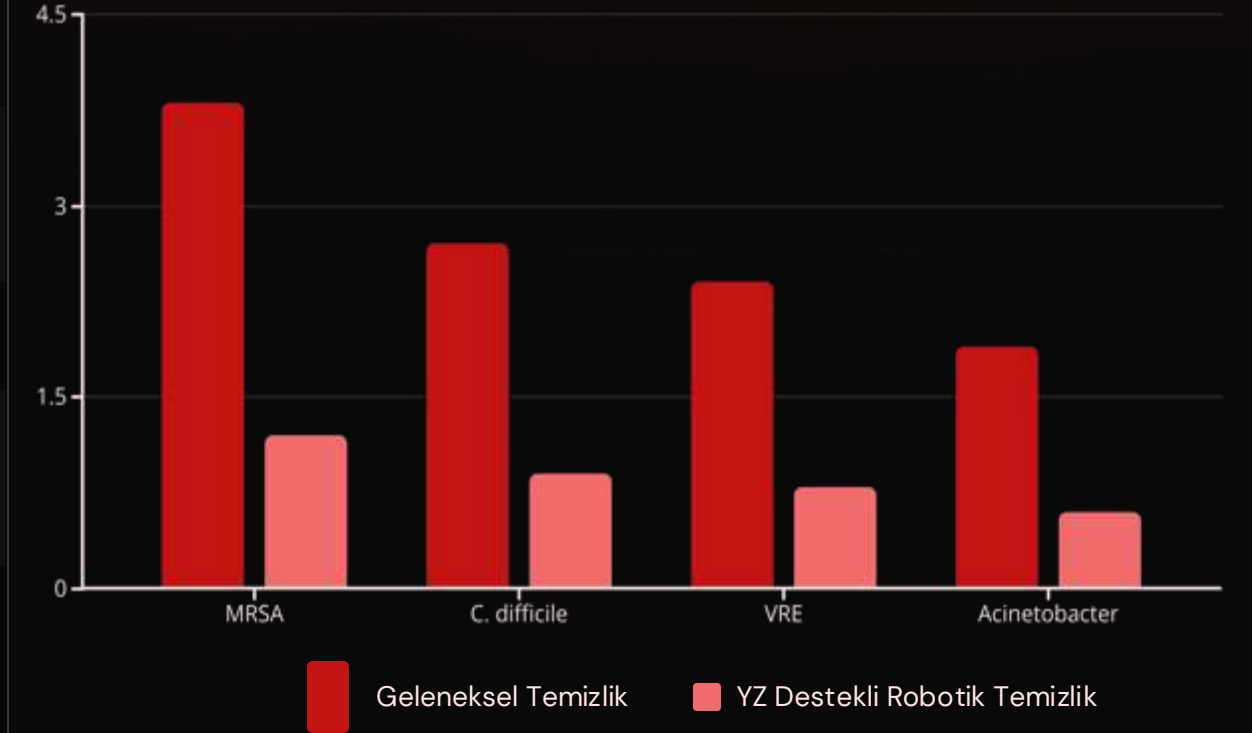
Güncel literatür temizlik robotlarının tek başına kullanımını henüz desteklememektedir.

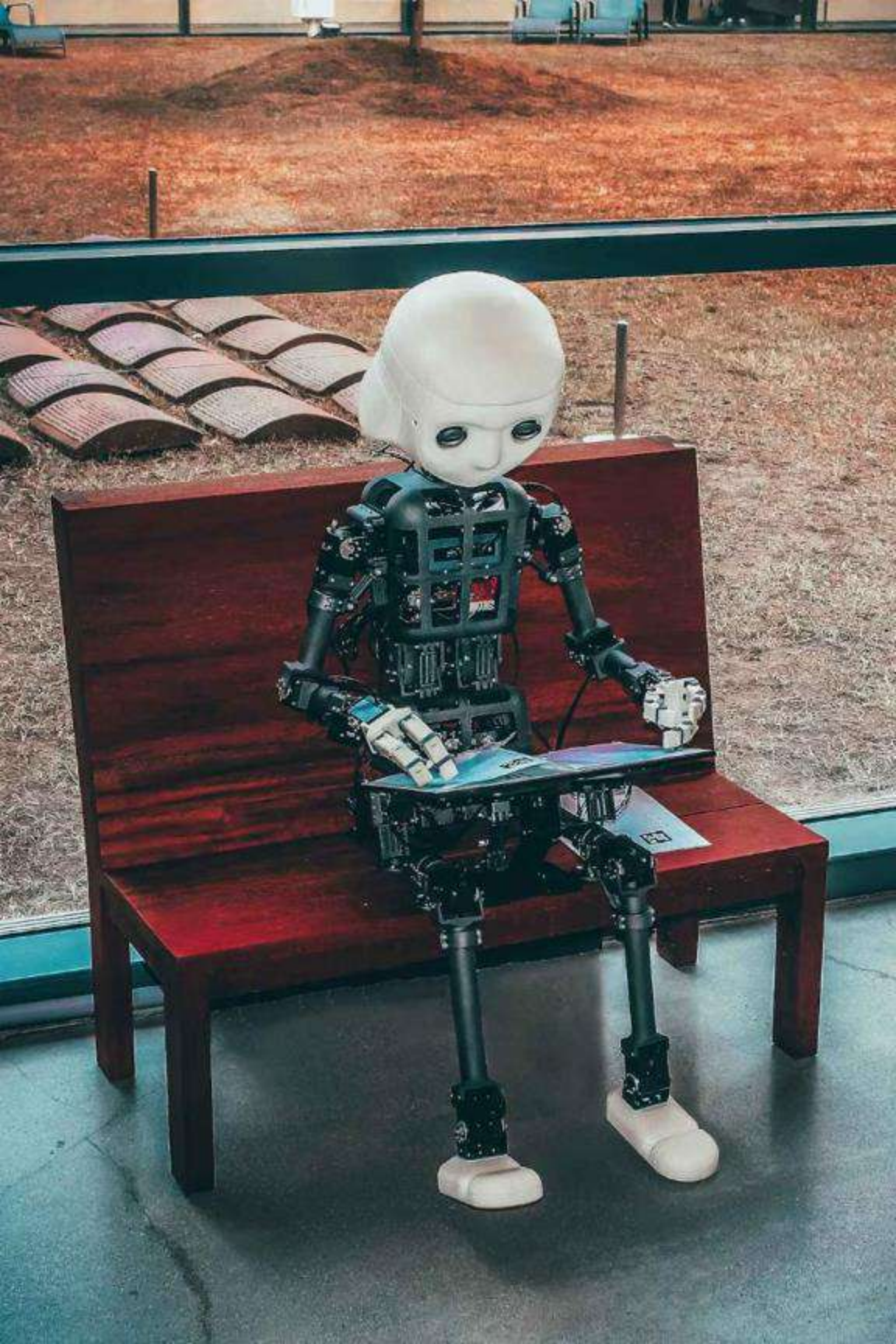
- Cresswell K, et al. J Med Internet Res. 2020 Sep 15;22(9):e20896
- Diab–El Schahawi M, et al. Antimicrob Resist Infect Control. 2021 Feb 12;10(1):33

Günümüz verileri robotik temizliğin standart manuel temizliğe ek olarak kullanılmasına yeterlidir.

YZ Destekli Temizlik Otomasyonlarının Sonuçları

Ölçüt	Geleneksel Temizlik	YZ Destekli Robotik Temizlik
Bakteriyel yük azalma	%50-75	%95-99.9
Hasta odası hazırlık süresi	45-60 dakika	20-30 dakika
İnsan hatası oranı	%15-25	%1-3
Yüksek temas alanları atlama oranı	%30-40	%5 altında
C. difficile enfeksiyon oranı	Baz değer	%37 azalma
Personel maruziyeti	Yüksek	Minimal





Enfeksiyon Sürveyansında YZ Temelli Otomasyon



Otomatik Vaka Tespiti

Doğal dil işleme ile hasta kayıtlarını tarayarak potansiyel enfeksiyonları tespit eder
Manuel incelemeden 22 kat hızlıdır



Otomatik Raporlama

Ulusal ve uluslararası standartlara uygun raporları otomatik oluşturur
İnsan hatalarını %98 azaltır



Kümelenme Analizi

Zamansal ve mekansal örüntüleri analiz ederek salgın potansiyelini öngörür
Rasgele dağılımdan sapmaları belirler



Patojen İzleme

Mikrobiyoloji sonuçlarını gerçek zamanlı analiz ederek yeni veya dirençli patojenleri izler
Erken uyarı sağlar

Makine Öğrenmesi ile Akıllı Sürveyans



Veri Toplama

Çoklu sistemlerden otomatik veri entegrasyonu

Elektronik sağlık kayıtları, laboratuvar ve eczane verilerinin birleştirilmesi



Analiz

Temel oran belirleyerek anormal değerleri tespit etme

Makine öğrenmesi algoritmaları ile patern tanıma



Alarm

İnfeksiyon eşik değerlerini aşan durumlar için bildirim

Aciliyet seviyesine göre önceliklendirme

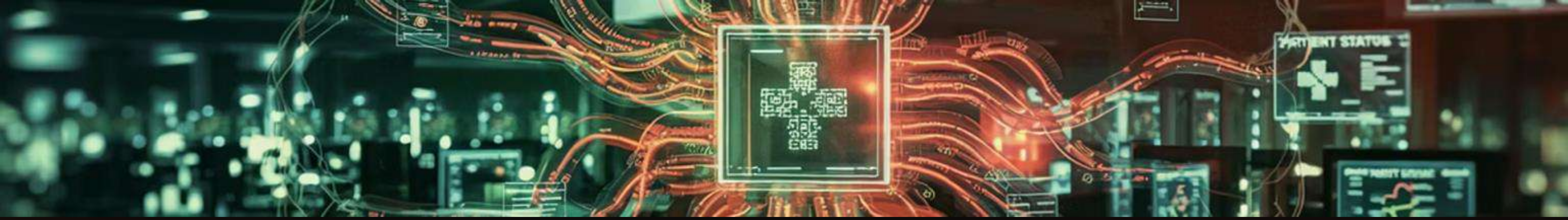


Tahmin

Gelecek trendi öngörerek proaktif müdahale imkanı

Risk faktörlerini ağırlıklandırarak kişiselleştirilmiş tahminler yapma





Gerçek Kohort Verileriyle Denenen YZ ile SBİİ Tespitinde Yüksek Hassasiyet

90.27%

AUROC Değeri

Çok katmanlı algılayıcı sinir ağı modelinin başarı oranı

88.57%

Duyarlılık

Gerçek infeksiyon vakalarını yakalama oranı

78.86%

Özgüllük

İnfeksiyon olmayan vakaları doğru tanımlama oranı

93.47%

Solunum Yolu AUROC

En yüksek başarı solunum yolu infeksiyonlarında elde edildi

- YZ algoritması, sağlık bakımı ilişkili infeksiyonların büyük çoğunluğunu başarıyla tespit ederek zaman kazandırabilir, hastane genelinde doğru ve etkili izlemeyi teşvik edebilir.



YZ Modellerinin Sürveyansa Katkısı

Yapay Zeka Modellerinin Avantajları

HAI sürveyansını geliştirme, görevleri kolaylaştırma potansiyeli

Sağlık personelinin hasta odaklı çalışmalara daha fazla zaman ayırabilmesi

CLABSI ve CAUTI gibi enfeksiyonların doğru tespit edilmesi

ChatGPT ve Mixtral Modelleri

Açık ve net yönlendirmeler verildiğinde tüm senaryolarda doğru tespit

Belirsiz yönlendirmelerde tekrarlanan testlerde zaman zaman hatalı sonuçlar

Arap rakamlı tarih biçimleri, kısaltmalar ve özel karakterlerde zorluklar

Gerekli İyileştirmeler

Kullanıcı eğitiminin önemi

YZ modellerinin sürekli olarak iyileştirilmesi

İnsan denetiminin gerekliliği ve kontrollü kullanım

Wiemken TL, Carrico RM. Am J Infect Control. 2024 Jun;52(6):625-629.

Arzilli G, et al. Antibiotics (Basel). 2024 Jan 13;13(1):77.

Hastane ve Toplum Verilerinin Merkezi Entegrasyonu



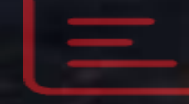
Bulut Tabanlı Veri Depolama Depolama

Büyük veri hacimlerini güvenli şekilde depolayan ölçeklenebilir altyapılar. KVKK ve HIPAA uyumlu güvenlik protokolleri ile korunur.



Veri Standardizasyonu

FHIR, HL7 gibi standartlar kullanılarak farklı sistemlerden gelen veriler birleştirilir. Anlamlı veri paylaşımı sağlanır.



Bütünleşik Analitik

Hastane ve toplum verilerini birleştirerek kapsamlı enfeksiyon eğilimlerini ortaya çıkarır. Toplum-hastane geçişlerini tespit eder.

YZ ile Salgın Simülasyon ve Eğilim Tahmini





Hasta ve Toplumda Farkındalığı Artırmada YZ

Kişiselleştirilmiş İçerik

YZ, hastaların risk profiline göre özelleştirilmiş enfeksiyon önleme bilgileri sunar.

Anlaşılır ve etkili bilgiler verir.

Etkileşimli Chatbotlar

Hastaların enfeksiyon riskleri ve korunma yöntemleri konusundaki sorularını anında yanıtlar.

7/24 bilgi erişimi sağlar.

Mobil Uygulamalar

El hijyeni, aşılama ve antibiyotik kullanımı konusunda hatırlatmalar ve eğitim içerikleri sunar.

Davranış değişikliğini teşvik eder.

YZ ile Veri Gizliliği ve Etik Sorunlar

Veri Güvenliği ve Gizlilik

YZ sistemlerinin kullandığı hasta verilerinin korunması kritik öneme sahiptir.

- KVKK ve uluslararası düzenlemelere uyum
- Veri anonimleştirme ve şifreleme
- Erişim kontrolü ve izleme sistemleri

Algoritmik Yanlılık

YZ sistemlerinin adil ve tarafsız sonuçlar üretmesi gereklidir.

- Eğitim veri setlerinin çeşitliliği
- Yanlılık denetimi mekanizmaları
- Şeffaf algoritmalar ve açıklanabilirlik

Sorumluluk ve Hesap Verebilirlik

YZ sistemlerinin kararlarından kimin sorumlu olduğu belirlenmelidir.

- Klinisyen-YZ iş birliği modelleri
- Yasal sorumluluk çerçeveleri
- Hata izleme ve düzeltme mekanizmaları

YZ Uygulamalarında Kültürel ve Davranışsal Engeller



Güven Eksikliği

Klinisyenlerin YZ önerilerine şüpheyile yaklaşması



Yerleşik Alışkanlıklar

Mevcut iş akışları ve rutinlere bağlılık



Teknoloji Korkusu

Yeni sistemleri kullanma konusunda çekinceler



Hiyerarşik Yapılar

Geleneksel karar verme otoritesini koruma eğilimi

YZ'nin Sınırları ve Yanılma Olasılıkları



Türkiye'den İyi Uygulama ve Pilot Projeler

Proje Adı	Kurum	Odak Alanı	Sonuçlar
AkıllıHijyen	Giresun Devlet Hastanesi	El hijyeni otomasyonu	Uyum oranında %81 artış
EnfekTakip	Ankara Şehir Hastanesi	Cerrahi alan enfeksiyonu tahmini	Enfeksiyon oranında %34 azalma
AntibiyoGram	İzmir Tıp Fakültesi	Akılcı antibiyotik kullanımı	Antibiyotik maliyetlerinde %22 tasarruf
MikroBİT	Ulusal Mikrobiyoloji Referans Lab.	Direnç paterni izleme	Bildirim süresinde %65 azalma



Başarıya Ulaşmak İçin Stratejik Öneriler

Gerekli Altyapı Yatırımları

Güçlü IT sistemleri, veri depolama ve işleme kapasitesi, bağlantı altyapısı kurulmalıdır. Düzenli bakım ve güncellemeler planlanmalıdır.

Multidisipliner Eğitim

Sağlık personeli için temel YZ okuryazarlığı, teknoloji ekibi için klinik süreç bilgisi eğitimleri verilmelidir. Sürekli öğrenme kültürü yerleştirilmelidir.

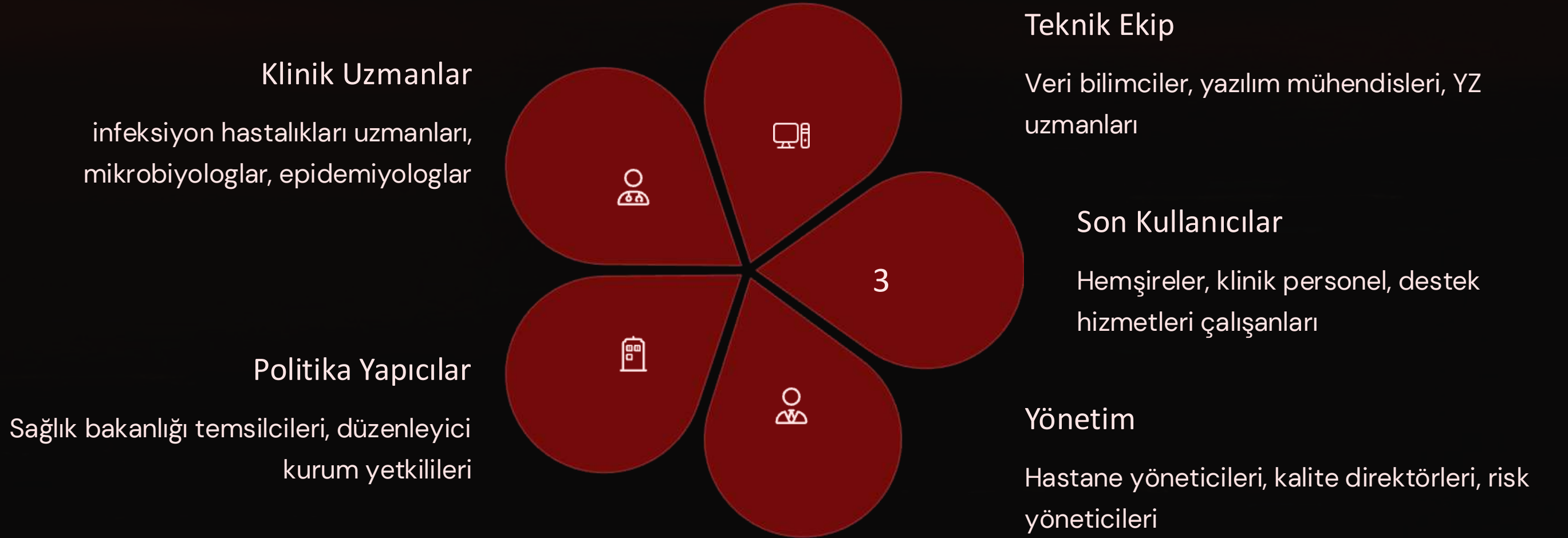
Kademeli Uygulama

Küçük pilot projelerle başlayıp, kanıtlanmış çözümlerin aşamalı olarak genişletilmesi önerilir. Erken başarılar motivasyonu artırır.

Sürdürülebilirlik Planı

Uzun vadeli finansman, düzenli güncellemeler ve genişletme stratejileri geliştirilmelidir. Maliyet etkinlik analizleri yapılmalıdır.

YZ Destekli İnfeksiyon Kontrolünde Multidisipliner İş Birliği





İnfeksiyon Kontrolünde Yapay Zeka

Dr. Ezgi Gülten
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
İnfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı

