PANDEMİ SONRASI LABORATUVAR:

MASKENİN ÖTESİNDE

BUSE EROL, MERVE KAYA, NAZ TANRIVER, İNCİ ÖZDEMİR

BAŞLIKLAR

1. Pandemi Sonrası Laboratuvar Güvenliği
2. Uzaktan İzleme Sistemleri ve Akıllı Laboratuvarlar
3. Yapay Zeka ve Biyoinformatik
4. Geleceğin Laboratuvarı

Pandemi Sonrası Laboratuvar Güvenliği

Maskenin ötesinde: Riski kaynağında kontrol etmek

Ana fikir: Güvenlik yalnızca maske değil; değerlendirme, önleme ve sürekli iyileştirme sistemidir.



Laboratuvardaki Riskler Tek Tip Değildir

Risk; çalışılan materyale, yapılan işleme ve maruziyet yoluna göre değişir.

Biyolojik Riskler

- Virüs, bakteri, mantar ve biyolojik numuneler

Enfeksiyon ve alerji riski

Fiziksel Riskler

- İğne batması, kesici-deliciler, sıçrama ve kırık cam malzemeler

Numune sıçraması ve kırık cam kaynaklı yaralanmalar

Kimyasal Riskler

- Dezenfektanlar, çözücüler ve laboratuvar kimyasalları

Soluma veya cilt ve göz teması riski

İşi tanımla → Tehlikeyi belirle → Riski değerlendir → Kontrol önlemini seç

Yeni bir işlem, numune veya ekipman kullanıldığında risk değerlendirmesi yeniden gözden geçirilmelidir.

Önce Sistemi Güvenli Tasarla, Sonra KKD’yi Tamamla

1 Tehlikeyi ortadan kaldırma

Gereksiz riskli adımları ortadan kaldır.

Örnek: Gereksiz numune transferini önlemek.

2 İkame

Daha az tehlikeli bir yöntem veya materyal tercih et.

3 Mühendislik önlemleri

Tehlikeyi çalışandan ayır.

Örnek: Uygun biyogüvenlik kabini ve kapalı sistemler.

4 İdari önlemler

İşin nasıl yapıldığını düzenle.

Örnek: Standart çalışma prosedürleri, eğitim ve erişim kuralları.

5 Kişisel koruyucu donanım (KKD)

Kalan riske uygun koruma sağla.

Örnek: Eldiven, laboratuvar önlüğü, göz ve solunum koruması.

Güvenlik, Laboratuvarın Rutinine Yerleşmeli

Önlemlerin işe yaraması için doğru ekipman kadar doğru alışkanlıklar da gereklidir.

1 İşlemi Doğru Yap

Aerosol veya sıçrama riski olan işlemleri belirlenmiş prosedüre göre yürüt. Gerektiğinde uygun biyogüvenlik kabinini kullan.

2 Alanı ve Ekipmanı Koru

Yüzeyleri uygun dezenfektanla, doğru konsantrasyon ve temas süresine uyarak temizle. Ekipman bakımı ve kontrollerini aksatma.

3 Kendini ve Diğerlerini Koru

El hijyenini uygula. Kişisel koruyucu donanımı doğru giyip çıkar; kirlenmiş eldivenle ortak yüzeylere dokunma.

4 Numune ve Atığı Yönet

Numuneleri uygun biçimde taşı ve etiketle. Kesici-delicileri uygun atık kabına, biyolojik atıkları kurum prosedürüne göre ayır.

Kaza veya Maruziyet Olduğunda Ne Yapılmalı?

1 Çalışmayı Durdur

Alanı güvenli hâle getir ve daha fazla maruziyeti önle.

2 Bildir ve Prosedürü Uygula

Sorumlu kişiye haber ver; dökülme veya maruziyet prosedürünü izle.

3 İlk Yardım ve Sağlık Değerlendirmesi

İlgili ilk yardım adımlarını uygula ve gecikmeden sağlık değerlendirmesi al.

4 Kaydet ve Tekrarını Önle

Olayı kayıt altına al; nedenini incele, prosedür veya eğitimi güncelle.

Güvenli Laboratuvar, Bir Ekipmandan Fazlasıdır

1 Öngör

Riski işe başlamadan değerlendir.

2 Kontrol Et

Tehlikeyi mümkün olduğunca kaynağında azalt.

3 Öğren ve Geliştir

Eğitim, bakım ve olay incelemesiyle sistemi iyileştir.

Güvenlik, maske takıldığında değil; risk sistemli biçimde yönetildiğinde başlar.

KAYNAKÇA

World Health Organization (WHO). Laboratory Biosafety Manual, 4th Edition. 2020.https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311

CDC / NIOSH. Hierarchy of Controls. 2024.https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/

World Health Organization (WHO). Laboratory biosafety guidance related to SARS-CoV-2 (COVID-19). 11 March 2024.https://www.who.int/publications/i/item/who-whe-epp-2024.3

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. Biyolojik Etkenlere Maruziyet Risklerinin Önlenmesi Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete, 15 Haziran 2013, Sayı 28678.https://www.lexpera.com.tr/resmi-gazete/metin/biyolojik-etkenlere-maruziyet-risklerinin-onlenmesi-hakkinda-yonetmelik-28678

Uzaktan İzleme Sistemleri ve Akıllı Laboratuvarlar

Sensörler, erken uyarılar ver yapay zeka ile laboratuvar güvenliğini geliştirmek

Bu sunumda:

- **Uzaktan izleme nasıl çalışır**
- **Akıllı laboratuvarlar ne sağlar**
- **Yapay zeka ve güvenlikte dikkat edilmesi gerekenler**

1. Uzaktan İzleme Sistemleri Nedir?

Uzaktan izleme sistemleri, laboratuvardaki cihazların ve ortam koşullarının sensörler aracılığıyla takip edilmesini sağlayan sistemlerdir

Neler izlenebilir

- Sıcaklık ve nem
- Basınç ve ortam koşulları
- Cihazın açık/kapalı olması
- Bazı cihazların çalışma değerleri

Sistem nasıl işler?

Sensör ölçüm yapar. Veriler bir kontrol ünitesine veya yazılıma aktarılır. Sistem sonuçları belirlenen sınırlarla karşılaştırır.

Ne zaman uyarır?

Ölçüm normal aralığın dışına çıktığında alarm, ekranda uyarı veya telefona bildiririm gönderebilir.

Uzaktan izlemenin başlıca yararları

Zaman kazandırır

Her cihazı tek tek kontrol etme ihtiyacını azaltır.

Kayıt oluşturur

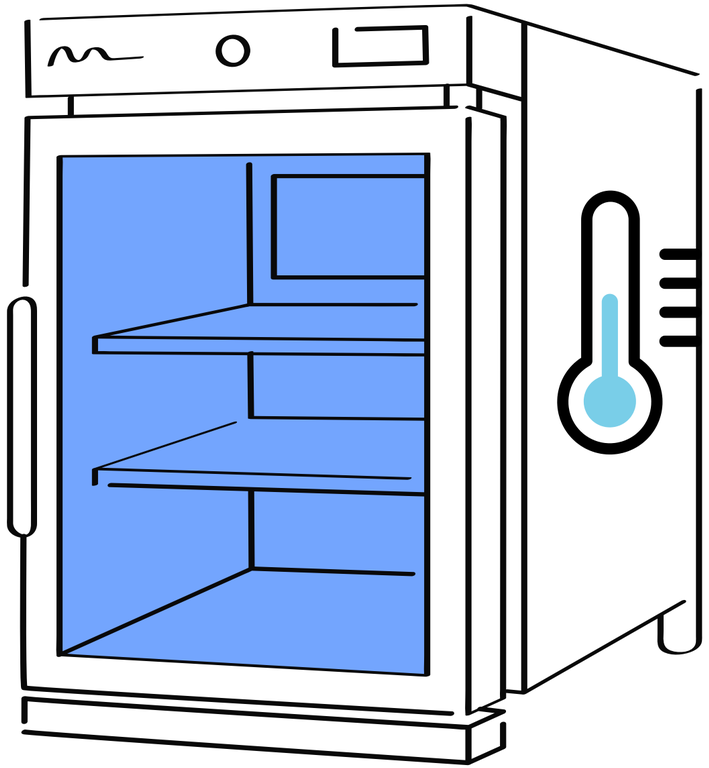
Ölçüm geçmişi ve değişimler incelenebilir.

Erken haber verir

Sorunun büyümeden müdahele etmeyi kolaylaştırabilir.

2. Örnek Olay: Numune Buzdolabı

Sıcaklık takibi, numunenin kalitesini ve güvenilirliğini korumaya yardımcı olur



- **Numuneler, kendileri için belirlenmiş sıcaklık ayarında tutulmalıdır.**
- **Buzdolabın sıcaklığı yükselirse veya düşerse numune zarar görebilir veya kalitesi etkilenebilir.**
- **Sistem, sınır aşıldığında alarm verir ve sorumlu kişiye bildirim gönderir..**
- **Kayıtlar, sıcaklığın ne zaman değiştiğini ve sorunun ne kadar sürdüğünü anlamaya yardımcı olur**

3. Akıllı Laboratuvarlar ve Cihaz Bakımı

Akıllı laboratuvarlar, laboratuvarda yapılan deneylerin, kullanılan cihazların ve çevresel koşulların sensörler, internet bağlantısı, otomasyon sistemleri ve yapay zekâ gibi teknolojilerle izlenip yönetildiği laboratuvarlardır.

Bağlantılı cihazlar

Cihazlardan gelen bilgiler tek bir izleme ekranında toplanabilir. Çalışanlar farklı noktalardaki sistemleri merkezi olarak takip edebilir.

Anormallik tespiti

Cihaz normalden fazla ısınıyorsa, titreşimi değişiyorsa veya değerleri beklenen aralığın dışına çıkıyorsa sistem uyarı verir.





Öngörücü bakım

Geçmiş ölçümler ve arız kayıtları incelenerek bakım ihtiyacının yaklaşmakta olabileceği tahmin edilir.

4. Yapay zeka ve Güvenlik

Yapay zeka ne yapabilir?

- Geçmiş arızalardaki ortak örüntüleri inceleyebilir.
- Normalden farklı ölçüm sonuçlarını belirlemeye yardımcı olur.
- Bakı ihtimali veya risk artışı için erken uyarı üretebilir.



Sistemin sınırlılıkları

- Sensör yanlış veya eksik ölçüm yapabilir.
- Ağ, elektrik ya da sunucu bağlantısı kesilebilir.
- Yazılım htası veya siber güvenlik riski oluşabilir.

Güvenli kullanım için

- Kritik güvenlik kararları yalnızca yapay zekaya bırakılmamalı.
- Sistem ve bağlantı kesintilerinde manuel müdahele seçenekleri bulunmalı.
- Sensörler düzenli olarak kontrol edilmeli.

KAYNAKÇA

World Health Organization (WHO). (2020). Laboratory Biosafety Manual (4th ed.). Geneva: WHO. https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240011311

World Health Organization (WHO). Laboratory Quality Stepwise Implementation Tool: Store Supplies Appropriately. https://extranet.who.int/lqsi/content/store-supplies-appropriately

World Health Organization (WHO), Prequalification Unit. Temperature Monitoring Devices. https://extranet.who.int/prequal/

Centers for Disease Control and Prevention (CDC) & National Institutes of Health (NIH). (2020). Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (6th ed.). U.S. Department of Health and Human Services. https://www.cdc.gov/labs/bmbl/index.html

U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2002). General Principles of Software Validation: Final Guidance for Industry and FDA Staff. https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/general-principles-software-validation

Yapay Zeka ve Biyoinformatik

*Biyoinformatik nedir?
*Pandemide veri karşılaştırmaları
*Yapay zekanın laboratuvardaki yeri
*Yapay zekanın hata payı
*Risk analizinde yapay zeka
*Dijital verilerin güvenliği

Biyoinformatik nedir?

Biyoinformatik, kısaca biyolojik verilerin bilgisayarlarla analiz edilmesi olarak düşünülebilir.

Pandemi döneminde de virüslerin genetik yapısının incelenmesi ve farklı örneklerin karşılaştırılması oldukça önemliydi. Biyoinformatik sayesinde bu tarz veriler daha hızlı incelenebiliyor.



insanlık olarak karşı karşıya kaldığımız en büyük zorluk artık veri üretmek değil, bu devasa büyük veriyi (Big Data) anlamlandırmak. İşte tam bu noktada yapay zekâ, biyoinformatiğin en büyük itici gücü olarak devreye giriyor.

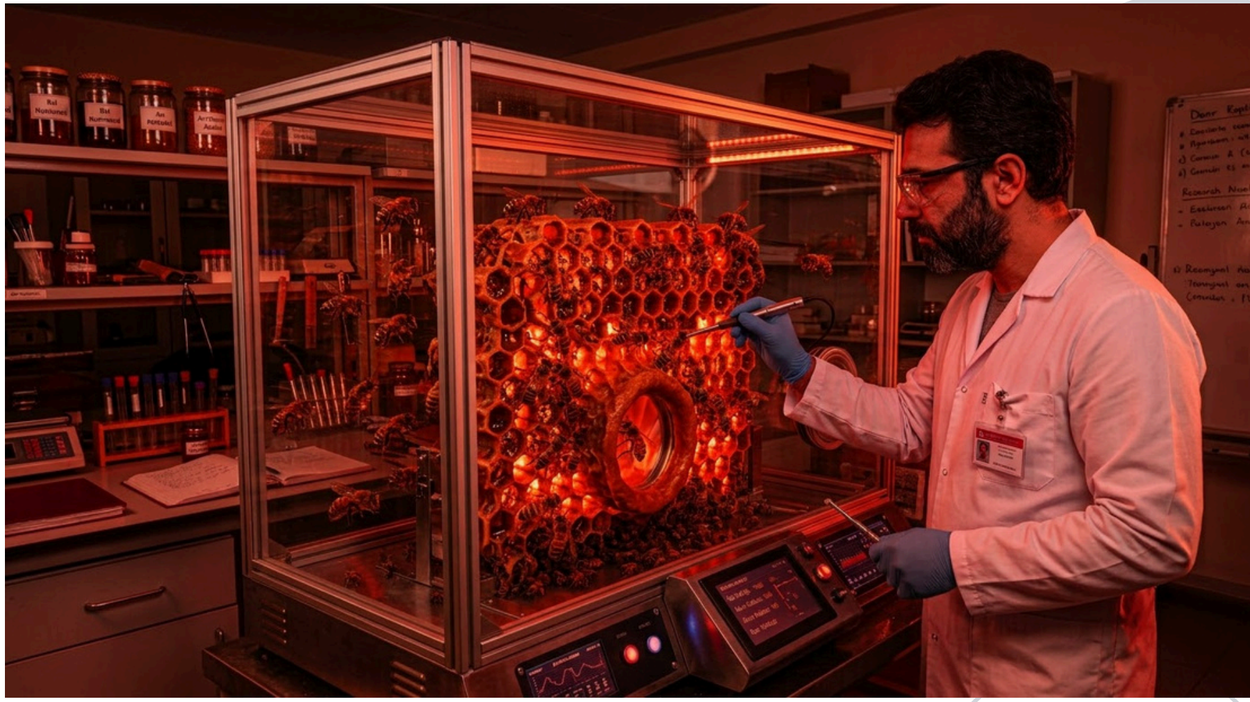
Peki, yapay zekâ laboratuvarlarda tam olarak ne yapıyor?

İlk olarak, biyoinformatik ve genetik çalışmalarda yeni ufuklar açıyor. Milyonlarca gen haritasını, mutasyonu ve protein yapısını insan gözünün algılayamayacağı bir hızda analiz ederek kanser gibi karmaşık hastalıkların erken teşhisini mümkün kılıyor.

İkinci olarak, laboratuvar operasyonlarını kusursuzlaştırıyor. Akıllı otomasyon sistemleri sayesinde, veri analitiği süreçlerinde yapay zekâ destekli risk analizi ve proaktif hata yönetimi yapılıyor. Hatta işi bir adım öteye taşıyarak, hassas laboratuvar cihazlarının ne zaman arızalanabileceğini önceden tahmin eden kestirimci bakım modelleri kullanılıyor. Bu sayede deneyler yarım kalmıyor, zaman ve maliyet kayıplarının önüne geçiliyor.

Yapay Zekanın Yeri





Veri ve insanların kontrolü?

Pandemide Yapay Zeka

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa (İÜC) Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Sabancı Üniversitesi ve TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü iş birliğiyle Covid-19 ‘un tanı sürecine katkıda bulunacak bir yapay zeka yazılımı gerçekleştirildi.

Toraks bilgisayarlı tomografide (BT) kullanılmak üzere geliştirilen yapay zeka yazılımı ile akciğerdeki yeni tip koronavirüs (Covid-19) tutulumu 50 saniyede yüzde 95 doğruluk oranıyla tespit edilebilecek.

Dijital verilerin güvenliği

Hassas genetik verilerin çalınması veya yapay zekâ algoritmasının manipüle edilerek sabote edilmesi, küresel sağlık krizlerine yol açabilecek büyüklükte biyogüvenlik tehditleridir.
Bu yüzden, dijital çağda biyoinformatik uygulamaları yürütülürken veri koruma protokolleri ve uluslararası biyogüvenlik standartlarına uyum hayati bir zorunluluktur.

Kaynakça

Akyol, M. (2025). Yapay Zekâ ve Modern Laboratuvar Süreçleri: Veri Analitiği ve Kestirimci Bakım. İstanbul: Teknoloji Yayınları.

Demir, Z., & Çelik, H. (2024). "Laboratuvar Otomasyonunda Yapay Zekâ Destekli Risk Analizi ve Hata Yönetimi". Biyomedikal Mühendislik Dergisi, 14(2), 112-128.

Öztürk, A. (2023). Biyoinformatik ve Büyük Veri Analizi: Genetik Çalışmalarda Yeni Ufuklar. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Yılmaz, B. K. (2026). "Dijitalleşen Laboratuvarlarda Siber Güvenlik ve Biyogüvenlik Kesişimi". Siber Güvenlik ve Dijital Dönüşüm Dergisi, 9(1), 45-62.

World Health Organization (WHO). (2022). Global Guidance on Bioinformatics, Data Protection, and Laboratory Biosafety in the Digital Era. Geneva: WHO Press.

https://cerrahpasa.iuc.edu.tr/tr/haber/bilgisayarli-tomografide-covid-19u-50-saniyede-tespit-edebilen-yapay-zeka-yazili-4B0032006300460004F00430042004700380033006A00390079007000460062006100410004F00320037007700320O

GELECEĞİN LABORATUVARLARI

Bilimsel laboratuvarlar her zaman teknolojiyle birlikte gelişmiştir.
Daha güçlü mikroskopların geliştirilmesinden analiz cihazlarına ve bilgisayarlı veri sistemlerine kadar, her nesil laboratuvar teknolojisi, araştırmacıların gözlemleyebildiklerini, ölçebildiklerini ve anlayabildiklerini değiştirmiştir.

Geleceğin laboratuvarı, yalnızca korunan insan değil; güvenilir veri, akıllı süreç ve dayanıklı bir ekosistemdir.

PANDEMİNİN GETİRİLERİ

- Pandemi bize ne öğretti?

- Maske ve eldivene güvenmek
- Statik, kağıt üzerindeki risk analizleri
- İzole çalışan departmanlar
- Reaktif güvenlik kültürü

- Sürekli ve canlı risk değerlendirmesi
- Şeffaf ve hızlı ekip içi iletişim
- Proaktif ve teknoloji odaklı hazırlık

LABORATUVAR SİSTEMİ

Akıllı Yönetim Yapay zekâ destekli risk analizi ve süreç tasarımı.

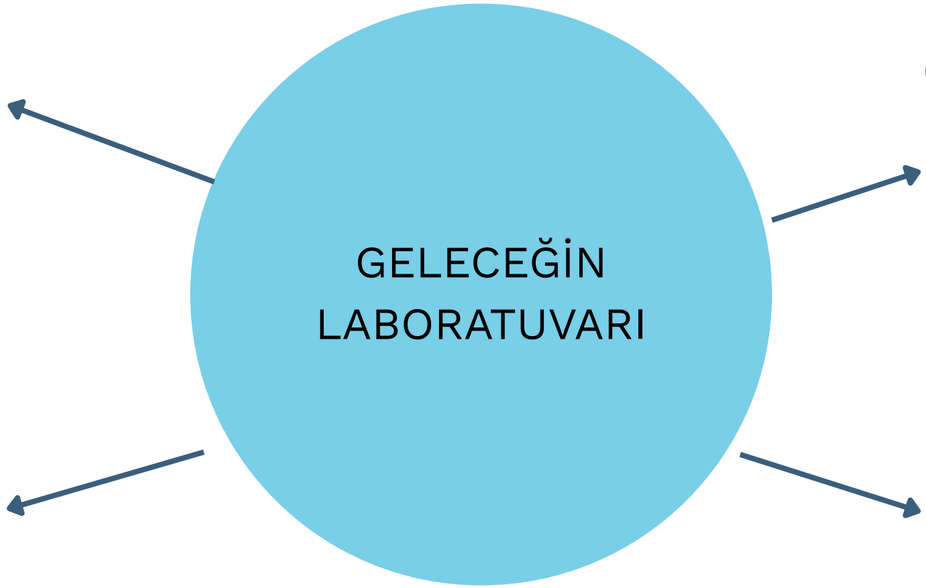
Dijital İzlenebilirlik Sensörler, LIMS sistemleri, veri güvenliği.

Mühendislik Kontrolleri Negatif basınç, HEPA filtreler, BSC kabinleri.

Kişisel Korunma Maske, eldiven, önlük

SENSÖRLER
çevre denetimi

CİHAZLAR



İNSAN
UZMANLIĞI
karar ve etik

YAZILIM
sürecin dijital
ayak izi

İNSANIN RÖLÜ

Laboratuvarlar değişirken insanın rölü de değişir

01.

Veri Okuryazarlığı

Karmaşık veri setlerini okuyabilme ve anlamlandırabilme.

02.

Siber Güvenlik Bilinci

Dijital veriyi ve cihazları dış müdahalelere karşı koruma.

İNSANIN RÖLÜ

03.

Sorgulama

Yapay zekâ çıktılarının doğruluğunu ve etiğini sorgulama.

04.

Disiplinler Arası İletişim

Yazılımcılar, mühendisler ve klinisyenlerle ortak dil kurma.

OTOMASYON

Birçok laboratuvar prosedürü, tekrarlayan görevleri içerir.

Otomasyon, laboratuvar uzmanlarının rolünü ortadan kaldırmaz. Bunun yerine, araştırmacıların zamanlarını nasıl harcadıklarını değiştirebilir.

Rutin süreçler otomatikleştirildiğinde, bilim insanları deney tasarımı, yorumlama ve sorun gidermeye daha fazla odaklanabilir.

YAPAY ZEKA

Yapay zeka, araştırmacıların daha yakından incelenmesi gereken olağandışı sonuçları veya ilişkileri fark etmelerine yardımcı olarak analitik iş akışlarını da destekleyebilir.

Ancak yapay zeka, bilimsel kanıtla karıştırılmamalıdır. Bir algoritma istatistiksel kalıpları tespit edebilir, ancak bu kalıpların yine de yerleşik bilimsel yöntemler aracılığıyla test edilmesi ve yorumlanması gerekir.

Bu nedenle geleceğin laboratuvarı, muhtemelen hesaplamalı zekayı insan bilimsel yargısıyla birleştirecektir.

YAPAY ZEKÂ: DAHA HIZLI DEĞIL, DAHA AKILLI KARAR

VERİ GİRİŞİ

Milyarlarca biyolojik veri noktası

YAPAY ZEKA ANALİZİ

Örüntü tanıma ve anomali tespiti

İNSAN ONAYI

Kritik yorum ve etik değerlendirme

"Teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin, nihai karar insana aittir."

Bağlantılı Cihazlar ve Akıllı Laboratuvar

Çevresel sensörlerin sürekli olarak sıcaklık ve nemi kaydettiği, analitik ekipmanın ise ölçümleri otomatik olarak ürettiği bir deney düşünün. Ayrı kayıtlar tutmak yerine, bilgiler potansiyel olarak yapılandırılmış bir dijital ortamda bir araya getirilebilir.

Daha İyi Veri Yönetimi, Daha İyi Araştırma Anlamına Gelir

Doğru ve izlenebilir bilgileri korumak, gelişmiş ekipmanları çalıştırmak kadar önemli hale gelmektedir.

Robotik ve Yüksek Verimli Araştırma

Bazı bilimsel sorular, araştırmacıların çok sayıda olasılığı incelemesini gerektirir. Robotik ve hesaplamalı analizin birleşimi, güçlü bir döngü oluşturur: otomatik ekipmanlar veri üretir, yazılım sonuçları analiz eder ve araştırmacılar bu bulguları kullanarak bir sonraki adımda neyin araştırılması gerektiğini belirler.

KAYNAKÇA

- https://www.ranktracker.com/tr/blog/laboratory-of-the-future-ai-automation/
- file:///C:/Users/90538/Downloads/Pandemi%20Sonras%C4%B1-%20Laboratuvar%20Maskenin%20%C3%96tesinde.pdf