

Yapay Zekâ Destekli Kişisel Koruyucu Donanımların Verimliliği

Efficiency of Artificial Intelligence-Enabled Personal Protective Equipment

ÖZET

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'nın 2023 yılında yayınladığı rapora göre, her yıl yaklaşık üç milyon işçi ölümcül iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle hayatını kaybetmektedir. İş yerinde çalışanların güvenliği ve yaşanan kazaların sıklığı göz önünde bulundurulduğunda, iş yerindeki makine, ekipman ve prosedürlerin gelişen teknolojiyle uyumlu hale getirilmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu durum, teknolojik yeniliklerin insan odaklı bir yaklaşımla iş sağlığı ve güvenliği alanına entegrasyonu gerektirir. Günümüzde önemli ölçüde ilerleme kaydeden yapay zekâ, kişisel koruyucu donanımların etkinliğini ve verimliliğini artırmak için birçok fırsat sunmaktadır. Bu çalışma, yapay zekâ teknolojilerinin kişisel koruyucu donanımların kullanımı ve etkinliğini nasıl artırabileceğini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, geleneksel kişisel koruyucu donanımlara yapay zekânın potansiyel katkıları ve meydana getirebileceği olumsuzluklar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Güncel literatür, yapay zekânın kişisel koruyucu donanımlar konusunda da devrim yaratabileceğine değinirken, beraberinde getirdiği etik, psikolojik, sosyal ve teknik endişelere de vurgu yapmaktadır. Yapay zekânın KKD'ler üzerinde etkili bir şekilde uygulanabilmesi için, sistem üreticileri, araştırmacılar ve çeşitli paydaşların dahil olduğu işbirlikçi bir yaklaşım büyük önem taşımaktadır. Bu iş birliği, yapay zekâ'nın faydaları ve dezavantajlarının nesnel bir değerlendirmesini kolaylaştırabilir, daha bilinçli karar almayı destekleyebilir ve güvenli işyerleri ile çalışan sağlığı hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunabilir. Yapay zekâ destekli KKD'lerin geliştirilmesi, iş sağlığı ve güvenliği alanında gelecekteki inovasyonların temelini oluşturmada ve iş kazalarını önlemede önemli bir rol oynayabilir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı kişisel koruyucu donanım, Yapay zekâ, İş sağlığı ve güvenliği, Teknoloji.

ABSTRACT

According to a report published by the International Labor Organization (ILO) in 2023, approximately three million workers lose their lives each year due to fatal occupational accidents and diseases. Considering the safety of employees in the workplace and the frequency of accidents, it has become imperative to adapt the machinery, equipment and procedures in the workplace to developing technology. This situation also requires the integration of technological innovations into the field of occupational health and safety with a human-centered approach. Artificial intelligence, which has made significant progress today, offers many opportunities to increase the effectiveness and efficiency of personal protective equipment. This study aims to investigate how artificial intelligence technologies can increase the use and effectiveness of personal protective equipment. In this context, the potential contributions of artificial intelligence to traditional personal protective equipment and the negative effects it may cause are examined in detail. While current literature points out that artificial intelligence can also revolutionize personal protective equipment, it also emphasizes the ethical, psychological, social and technical concerns it brings. For AI to be effectively implemented in PPE, a collaborative approach involving system manufacturers, researchers and various stakeholders is essential. This collaboration can facilitate an objective assessment of the benefits and drawbacks of AI, support more informed decision-making and contribute to achieving the goals of safe workplaces and employee health. In this way, the development of AI-enabled PPE can play an important role in laying the foundation for future innovations in occupational health and safety and preventing occupational accidents.

Keywords: Smart personal protective equipment, Artificial intelligence, Occupational health and safety, Technology.

GİRİŞ

İş kazaları, mevcut mevzuatlar ve uygulamalara rağmen yaşanan ölüm ve iş görememezlik rakamları ile hala önemli bir halk sağlığı sorununu temsil etmektedir (Malta vd.,2024). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) 2023 yılında yayınladığı raporda tüm dünyadaki çalışan kesimin sağlık ve güvenliğini korumada devam eden zorluklara dikkat çekerek her yıl üç milyona yakın işçinin ölümcül iş kazası ve meslek hastalıkları nedeniyle hayatını kaybettiğini belirtmektedir (ILO,2023). İnsan yaşantısının önemli bir kısmını işte geçirildiği düşünüldüğünde çalışanların işyerinde olabildiğince güvenli kalması ve korunması için çalışma ortamında kullanılan geleneksel ekipmanları ve sistemleri yeni teknolojik gelişmelere göre uyarlamak hayati önem taşır (Sánchez vd.,2021).

İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin en temel amacı, çalışan sağlık ve güvenliğinin devamlı olarak iyileştirilmesini sağlamaktır. Buna yönelik işyerindeki risklerin göz önünde bulundurulması ve risk değerlendirmesi yapılması gerekmektedir. Yapılan risk kontrol değerlendirmelerinin değişen her koşulda güncellenmesi ve bu yeni duruma uygun önleyici ve koruyucu tedbirler alınmasını gerekir. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD)'lar işyerinde meydana

Filiz Arıcak¹ 

How to Cite This Article
Arıcak, F. (2025). "Yapay Zekâ Destekli Kişisel Koruyucu Donanımların Verimliliği", International Academic Social Resources Journal, (e-ISSN: 2636-7637), Vol:10, Issue:3; pp:144-149. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15762449>

Arrival: 05 March 2025
Published: 28 June 2025

Academic Social Resources Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

¹ Dr.Öğr.Üyesi , Trakya Üniversitesi, Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İş sağlığı ve Güvenliği Programı, Edirne,Türkiye

gelebilecek ciddi yaralanmalara veya mesleki hastalıklara sebep olabilecek tehlikelere karşın çalışanların maruziyetini önlemek için giyilen ekipmanlardır. Bunlar gözlük, eldiven, kulaklık, baret, solunum cihazı gibi öğeleri barındırabilir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çalışma Bakanlığı'na bağlı Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA), çalışanların tehlikelerden korunması için güvenlik önlemlerinin belirlendiği ve sıralandığı bir "Kontroller Hiyerarşisi" stratejisini önermiştir. Bu sıralamanın beş seviyesi: ortadan kaldırma (tehlikeleri fiziksel olarak ortadan kaldırma), ikame (tehlikeleri daha az tehlikeli olanla değiştirme), mühendislik kontrolleri (teknik önlemler, izolasyon), idari kontroller (organizasyonel önlemler) ve kişisel koruyucu ekipman (KKD) kullanımı şeklindedir. Kimi zaman en ideal kontroller bile iş ile ilgili tüm riskleri ortadan kaldıramadığında son savunma hattı olarak KKD kullanılmaktadır. Diğer yandan KKD'lerin doğru seçilmesi ve uygun kullanılması (Beşer ve Topçu,2013), KKD kullanımına yönelik eğitim verilmesi, KKD'nin kullanımında çalışan bedenine uygunluğu, giyildiği zaman hareket rahatlığı sağlaması gibi unsurlar (Akboğa Kale ve Eskişar, 2021) iş kazalarını önlemede etkilidir.

Bu çalışma, yapay zekâ teknolojisinin geleneksel kişisel koruyucu donanımların (KKD) etkinliği üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, çalışmanın ikinci bölümünde yapay zekâ teknolojisinin tarihsel gelişimine yer verilmiş; üçüncü bölümde yapay zekâ destekli KKD'lere ilişkin güncel literatür değerlendirilmiş; dördüncü bölümde ise bu teknolojinin KKD'lere entegrasyonu sürecinde ortaya çıkabilecek risk faktörleri ele alınmıştır.

YAPAY ZEKÂNIN GELİŞİMİ

Mathison Turing'in "Makineler düşünülebilir mi?" sorusuyla ilk adımları atılan yapay zekâ, II. Dünya Savaşı döneminde çeşitli askeri silah teknolojilerinin ortaya çıkmasında ve bilgisayarların geliştirilmesinde en önemli faktörlerden biridir (Mijwel,2015). Mijwel (2015)' e göre yapay zekâ, bütünüyle yapay yollarla yaratılan ve insansı davranışlar ve hareketler sergileyebilen, herhangi bir canlı organizmadan faydalanmayan makinelerin geliştirilmesine yönelik bir teknolojinin genel adıdır. Yapay zekâ terimi 1956 yılında John McCarthy ve Marvin Minsky tarafından gerçekleştirilen Dartmouth Yapay zekâ Yaz Araştırma Projesindeki (DSRPAI) bir dizi çalıştayda önerilmiştir (Andresen,2002). Eski dönemlerde oldukça yavaş gelişmesine rağmen yapay zekâ günlük hayatta önemli adımlar atarak, günümüzde yetenekli robotların ortaya çıkmasıyla ne kadar ilerleme kaydedildiğini ortaya koymaktadır (Mijwel,2015). El-Helaly (2024)'e göre yapay zekâ insansı düşünme ve öğrenme için programlanan makinelerde insan zekâsının simülasyonudur. Makinelerin geleneksel olarak insan zekâsı gerektiren görevleri (problemin çözülmesi, konuşma, dil çeviri gibi) yerine getirmesini sağlayan algoritmaların ve hesaplama modellerinin geliştirilmesini içerir (Georgieff ve Hye, 2022). Yapay zekâ iki ana başlıkta ele alınabilir (El-Helaly,2024). Bunlar:

- Nesnelerin interneti (IoT): Bu kategori belirli kişiler için optimize edilmiş yapay zekâ sistemlerini barındırır (Howard,2022; Georgieff ve Hye,2022). Sesli asistanlar, görüntü tanıma sistemleri gibi.

-Üretken yapay zekâ: insanlar kadar zeki olmasalar da karmaşık problemleri çözebilen, öğrenen sistemler (Howard,2019; Georgieff ve Hye,2022).

Yapay zekâ, büyük ölçekli verileri akıllı algoritmalar ve tekrarlamalı işleme ile birleştirerek çalışır. Bu süreçte, işlenen verilere ait desen veya özellikler yapay zekânın otomatik olarak öğrenmesini sağlar. Çeşitli işlemlere sahip yapay zekâ farklı yöntem ve teknolojiler ile birlikte çalışır. Söz konusu yöntem ve teknolojiler şu şekilde özetlenebilir (Sarker,2022):

- ✓ Makine Öğrenimi: Genel olarak analitik model oluşturmayı otomatikleştiren bilgisayar algoritmalarını inceleyen yapay zekâ teknolojisidir (Sarker, 2021),
- ✓ Derin Öğrenme Teknolojisi: Yapay zekâ bu yöntem ile pek çok veri birimine ait karmaşık modeli öğrenmek için gelişmiş hesaplama ve eğitim tekniklerinden yararlanır. Bu süreçte, çok sayıda işlem birimi katmanı ile büyük sinir ağlarını kullanır (Shinde ve Shah,2018),
- ✓ Yapay Sinir Ağı: Yapay sinir ağında, bir nöron işleme birimi, özellikler, harfler, kavramlar veya birtakım anlamlı soyutlama desenleri gibi farklı nesneleri temsil edebilir (Wu ve Feng). Bu yöntem ile yapay zekâ birimler arasındaki bağlantıları bularak birden çok geçiş ile tanımlanan verilerden anlam çıkarabilir.
- ✓ Bilişsel Hesaplama: Bu sistem yapay zekânın insan benzeri bir etkileşimi makinelerle aktarılmasını sağlar. Bilişsel hesaplama ile hesaplamalı zekâ ve otonom çıkarımlar yoluyla otonom bilgi işlemeyi mümkün kılar (Wang, 2009)
- ✓ Grafik İşlem Birimleri: Grafik işleme birimleri günümüzün en hızlı süper bilgisayarlarına güç verir, derin öğrenme için baskın platformdur ve otonom arabalardan robotlara ve akıllı kameralara kadar çeşitli cihazlar için zekâ sağlar (Dally vd.,2021).

Yapay zekâ çalışma süreçlerinde birçok durumlarda kullanılabilmektedir. Örneğin, makine ve endüstriyel süreçlerin koordinasyonunda, iş gücünün yönetilmesinde, personel güvenliğinin analizinde (Deranty ve Corbin, 2024), çalışan performansının değerlendirilmesinde (Brown,2016) ve bir çalışmada mesleki hastalığın gelişme durumunu değerlendirmesinde (Flaherty, 2019) kullanılabilir.

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KKD'LERİN İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARINA ETKİSİ

Li ve Poon (2013)' e göre genel olarak kazaların birden çok temel nedeni vardır; iyi tasarlanmamış iş organizasyonu, uygunsuz araç gereç ekipman, yanlış alet kullanma, yetersiz veya eksik bilgi gibi durumlar bazılarıdır. Bu nedenler özetle güvensiz durum/ortam ve güvensiz davranışlar olarak iki başlıkta incelenebilir (Nabila ve Widowati, 2023). İş yerlerindeki güvensiz durum ve davranışların belirlenmesi için tehlikelerin ve risklerinin tespit edilip kontrol mekanizmasının oluşturulması önemlidir. Genel olarak risk kontrol değerlendirmesinde KKD kullanımı hiyerarşik olarak en son sırada bulunmaktadır (Ceylan ve Başhelvacı, 2011). İşyerinde uygun KKD varlığı ve KKD 'nin çalışanlarca doğru kullanımı, işçi güvenliği için son derece önemlidir ve kazalar ile güvenlik arasında belirleyici bir faktör olabilir (Malta vd. 2024). Sehsah vd. (2020) inşaat işçilerine yönelik yaptığı araştırmada KKD kullanımının düşük olduğunu bunun meydana gelen yüksek iş kazaları ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Man vd., (2021), yine inşaat sektöründeki işçilerin KKD kullanmamalarının kazaların görülme sıklığını artırdığına vurgu yaparak işçilerin KKD yi kabul etmelerini etkileyen faktörleri nicel olarak incelemeyi amaçlamış ve 3 boyutlu bir model önermişlerdir. Magalhães ve Caldas (2019), toksikoloji polikliniğinde tedavi gören işçilerin tıbbi kayıtlarını kullanarak yaptıkları retrospektif tanımlayıcı çalışma ile araştırma profilindeki işçilerin yoğunlukla KKD kullanmayan erkekler olduğu, bunun da zehirlenmenin ortaya çıkmasını önlemek için birtakım önleme faaliyetleri gerektirdiği sonucuna varmışlardır.

Campero-Jurado vd. (2020)'ye göre işyeri ortamında çalışırken yaralanma veya ölümcül kazaların etkin bir şekilde önüne geçilmesi için erken risk tespiti yetenekleri göz önüne alındığında elektronik bileşenlerin entegrasyonu önemli bir yere sahiptir. Bilinen KKD'lerin sensör, dedektör, pil ve benzeri elektronik bileşenlerle birleşmesi ile akıllı KKD ler meydana gelir (Campero-Jurado vd.,2020).

Çalışanların işyerindeki refahını sağlamak işverenlerin sorumluluğundadır. Çalışanları baş-kafa bölgelerine gelebilecek darbeden koruma amaçlı KKD'ler iyi bir koruma sağlasa da yine de bazı yönlerden takibi önemlidir. Li vd., (2014) işçi yorgunluğunun tespitine yönelik beyin aktivitesini algılayan sensörler aracılığıyla çalışanın kafasına gelen darbelerin etkisini ölçen bir akıllı güvenlik kask geliştirdiler. Akıllı güvenlik kaskından gelen bilgiler, yaralanmaları veya kazaları önlemek ve azaltmak için bir kaza riskini hesaplamada kullanılır. Qiang vd., (2009) tarafından geliştirilen maliyeti düşük, ZigBee tabanlı kablosuz kask ile madenlerdeki birtakım değişkenlerin (nem, sıcaklık ve metan gibi) analizi gerçekleştirilerek kömür çıkarma esnasında kaza geçirme riski azaltılmaya çalışılmıştır. Otis ve Menelas (2012) çalışma ortamında düşmeye bağlı yaralanmaları önlemek için akıllı kıyafetler yaratmayı amaçlayan bir projenin devam ettiğini bildirmişlerdir. Campero-Jurado vd. (2020) geliştirdikleri akıllı kask 5.0 ile, ışık, nem, sıcaklık, atmosfer basıncı, gazların varlığı ve hava kalitesi gibi ortamlarındaki değişkenleri izlerken operatörü olası etkilerden korumayı amaçlamaktadır.

Sánchez vd. (2021), çalışan güvenliği ve bütünlüğünü sağlamak için etraflarında tespit edilen anormallikleri yapay zekâ teknikleriyle işleyen kask, bileklik ve kemer gibi üç parçalı KKD mimarisi ile erken tahmin ve bildirim sistemi önermektedir. Cabrejos ve Roman-Gonzalez (2023), KKD kullanım yetersizliği ve denetimsizliğin de iş kazalarını artırabileceğini vurgulayarak KKD kullanımının yüksek hassasiyetle tespit ederek iş kazalarını azaltan ve çalışan güvenliğini sağlayan yapay zekâ sistemi geliştirmişlerdir. Huang vd., (2023) hastane enfeksiyonlarının kontrol altına alınması ve önlemede yapay zekâ tabanlı eğitim ve izlem modlu bir sistem geliştirmişlerdir. Çalışmaya göre sistem KKD'lerin giyilip çıkarılması doğruluğunu artırırken, hastane enfeksiyonlarının sıklığını düşürmektedir. Ahmed vd. (2023) çalışmalarında çeşitli sebep veya ihmallerden kaynaklı olarak işçilerin KKD giyinme düzenlemelerine uymamalarına yönelik olarak KKD'lerin gerçek zamanlı ve akıllı izleme sistemi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Araştırmaya göre Deep Learning (Derin Öğrenme) ve Bilgisayarlı Görüntü sistemi, KKD'leri gerçek zamanlı olarak doğru bir şekilde tespit edebilir ve bu sayede endüstriyel kazaları azaltılmasına katkı sağlayabilir. Velasco vd. (2024), Şantiye sahalarındaki operasyonel verimliliğin artırılması ve risklerin azaltılmasına yönelik yaptıkları çalışmada KKD'nin varlığını ve uygun kullanımının tespitinde yapay zekâ kullanılmasını önermişlerdir. Önerilen Yapay zekâ modeli YOLOv7'nin, inşaat sahalarında KKD uyumluluğunu ve kullanımını etkili bir şekilde tespit ederek manuel denetimi azalttığı ve güvenlik protokollerini geliştirdiği belirtilmiştir. Lalitha vd., (2023) maden işçilerinin risk ile ilgili olarak bilgilendirmesi ve kontrol merkezine uyarı sinyalleri sağlayabilen Nesnelerin İnterneti (IoT) ve yapay zekâ ile desteklenmiş bir KKD olarak baret önermişlerdir. Araştırmanın sonuçlarına göre kömür madencilerine yönelik geliştirilen yapay zekâ tabanlı baret tehlikeyi tespit edebilir, işçi sağlığını izleyebilir ve kontrol merkezi ile iletme geçerek kurtarma operasyonlarını hızlandırabilir.

Sánchez vd., (2021) gözetimli ve gözetimsiz iki Makine Öğrenimi (Machine Learning) (ML) modeline bağlı olarak geliştirdikleri akıllı çok duyu bileklik ile, çalışanların sağlık ve aktivitelerini gerçek zamanlı olarak izleyerek işyerlerinde güvenliği artırabileceğini, inşaat sahalarında, elektrik santrallerinde ve elektrik hatlarında potansiyel uygulamalara sahip olabileceğini belirtmişlerdir. Balakreshnan vd. (2020) başta güvenlik gözlükleri olmak üzere KKD'lerin tanımlanmasında yapay zekâ ve makine görüşünün uygulanmasını amaçlamışlardır. Uygulamada çalışanların gözlerini potansiyel riskler oluşturabilecek makinelerin yanındayken koruma amaçlı bir sistem tasarlanmıştır. Márquez-Sánchez vd. (2020), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin entegre

edildiği akıllı kemer tasarımı ile iş yerindeki anormallikleri tespitini raporlayarak kazaları azaltıp güvenliğini artırabilen bir tasarım önermişlerdir.

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KKD' LERİN GETİRDİĞİ ENDİŞELER

Yapay zekâ destekli KKD'ler çalışan performansını artırmada, sağlık ve güvenliğini izlemeye, işyerindeki mesleki risklerin azaltılmasında oldukça önemli hale gelse de birtakım endişeleri de beraberinde getirmektedir. Ledda vd., (2023), KKD'lerde yapay zekânın potansiyel dezavantajlarına vurgu yapılarak etik ihlali ve teknolojiye aşırı güvenme riski durumlarının da göz önünde bulundurulması gerektiği savunulmuştur. Yapay zekâ sistemlerinin genel olarak büyük miktarda kişisel veriyi işlemesi gizlilik ihlalleri ile veri güvenliğinde endişelere yol açmaktadır (Farzin vd.,2023; Reddy vd.,2024). Çalışan sağlığını iyileştirmede doğrudan kullanılan yapay zekâ örneklerinde (dış iskeletler gibi) bir arıza meydana geldiğinde yaralanmaya neden olabilir (Jarota,2023). Ayrıca yapay zekâ ile donatılan robotların işyerinde daha önce bilinmeyen yeni tehlikeler oluşturabilmesi de olası bir durumdur (Čerka vd.,2017). Böylesi yapay zekâ sistemli bir mekanizmada yapay zekâ sisteminden kaynaklı istenmeyen bir durum gerçekleştiğinde kimin sorumlu olacağı sorusu da tartışılmaktadır. Jarota (2023), bu tür durumlar için yapay zekâyâ tüzel kişilik verilmesi gerektiğini belirtmiştir.

KKD'de yapay zekânın kullanımı, özellikle yeni sistemlere aşina olmayanlar için karmaşık teknolojinin eklenen katmanlarının neden olduğu karışıklık nedeniyle operasyonel zorlukları artırabilir ve yüksek kullanıcı hata oranlarına yol açabilir ve bu da operasyonlar sırasında daha fazla hataya neden olabilir (Ledda vd.,2023). Rodrigues (2020), yapay zekâ teknolojileri ilerlemesiyle daha fazla yasal sorun, insan hakları sorunları ve güvenlik açıkları ortaya çıkabileceğini bunu önüne geçmek için bu durumlara sebep olan faktörlerin ele alınmasına ihtiyaç olduğunu savunmuştur. Shukla (2024), yapay zekâ teknolojilerinin gelişiminin farklı yönlerden etik değerlendirmesini ve toplumsal etkilerini inceleyerek etik uygulamasında şeffaf olma, hesap verebilme ve gizliliğin önemini vurgulamıştır. Baihakki ve Qutayan (2023) sağlık hizmetleri için etik değerlerin yapay zekâyâ entegre edilmesinin önemine değinerek 2010-2021 yılları arasında bildirilen 150 etik olaya göre verilerin gizlilik-güvenlik ve önyargı teşhisinin iyileştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Yapay zekâ destekli KKD sistemleri, güvenlik ve uyumun işleyişinde önemli bir rol oynaması, veri kalitesi, sistem değişimi ve gerçek zamanlı işleme gibi zorluklarla karşılaşabilir. Yapay zekâ sistemlerinin hem yerel hem de bulut tabanlı bileşenleri içermesi sistemin karmaşıklığını artırabilir ve bu da özellikle düşük kapasiteli yerel cihazlarda performans sorunlarına yol açabilir (Balakreshnan vd., 2020). Ledda vd. (2023)'e göre yapay zekâ destekli KKD'lerin temel sorunlardan biri de teknolojiye bağımlılık riskidir ki teknolojiye duyulan büyük güven duygusu çalışanların karar alma becerilerini olumsuz etkileyebilir. Ledda vd. (2023) ayrıca yapay zekâ sistemleri tarafından toplanan kişisel verilerin tehlikeye atılması veya sızdırılması riskinin de bulunduğunu bunun da kimlik hırsızlığına veya diğer güvenlik ihlallerine yol açabileceğini belirtmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekâ teknolojisinin KKD'lere entegrasi, iş güvenliğini artırmak ve çalışan sağlığını korumada önemli bir fırsat getirir ve işyerlerindeki risk yönetimi ve tehlike azaltma yaklaşımını potansiyel olarak önemli ölçüde değiştirebilir. Buna yönelik robotik dış iskeletler ile çalışan sağlığını iyileştirmede (Jarota,2023), gözlerin korunmasında Balakreshnan vd. (2020), inşaat sahalarında operasyonel verimin artmasında ve tehlikelerin öngörülmesinde (Velasco vd.,2024), akıllı baretlerle kaza olasılıklarının hesaplanmasında (Li vd., 2014) örnek olarak verilebilir. Bununla birlikte beraberinde getirdiği birtakım zorluklar ve endişelerin de göz önünde bulundurulması gerekir. Literatür eşliğinde belirlenen endişeler genel olarak gizlilik endişeleri, algoritmik önyargı, teknoloji bağımlılığı (Ledda vd.,2023), işsiz kalma korkusu, mekanik yaralanmalar, yasal düzenlemelerin olmaması veya eksikliği, insan-yapay zekâ rekabeti, sosyal barışı etkileme (Jarota, 2023), çok katmanlı sistem karmaşıklığından kaynaklı performans düşüklüğü (Balakreshnan vd., 2020), şeffaf olma, hesap verme ve gizlilik ihlali (Shukla,2024), yeni tehlikeler oluşturma riski (Čerka vd.,2017) şeklinde olduğu görülmektedir. Yapay zekâ'nın uzun vadede etkilerinin değerlendirilmesi için insan odaklı yaklaşım ve iş birliğine ihtiyaç olduğu aşıkardır. İşverenlerin de yapay zekâ sisteminden sağladığı bilgiler ışığında çalışma sürecinde yapay zekâ kullanımından kaynaklı riskleri azaltması ve çalışanlarını yeni işyeri koşullarına göre uyarlaması gerekmektedir (Jarota,2023).

Yapay zekânın çalışan sağlığı ve güvenliği üzerinde giderek artan bir etkisi olduğu düşünüldüğünde katkılarının yanında potansiyel riskleri de göz ardı edilmemelidir. Bunun için de sistem üreticileri, araştırmacılar ve çeşitli paydaşların dahil olduğu işbirlikçi bir yaklaşım büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Ahmed, M., Saraireh, L., Rahman, A., Al-Qarawi, S., Mhran, A., Al-Jalaoud, J., Al-Mudaifer, D., Al-Haidar, F., Alkhulaifi, D., Youldash, M., & Gollapalli, M. (2023). Personal Protective Equipment Detection: A Deep-Learning-Based Sustainable Approach. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su151813990>

- Akboğa Kale, Ö., & Eskişar, T. (2021). Kişisel Koruyucu Donanım Kullanımının Önemi ve Gelişim Planlaması İçin Bir Alan Çalışması. *Çalışma Ve Toplum*, 4(71), 2739-2752. <https://doi.org/10.54752/ct.1155478>
- Andresen, S. L. (2002). John McCarthy: father of AI. *IEEE Intelligent Systems*, 17(5), 84-85.
- Baihakki, M., & Qutayan, S. (2023). Ethical Issues of Artificial Intelligence (AI) in the Healthcare. *Journal of Science, Technology and Innovation Policy*. <https://doi.org/10.11113/jostip.v9n1.129>.
- Balakreshnan, B., Richards, G., Nanda, G., Mao, H., Athinarayanan, R., & Zaccaria, J. (2020). PPE compliance detection using artificial intelligence in learning factories. *Procedia Manufacturing*, 45, 277-282.
- Beşer, A. ve Topçu, S. (2013), “Sağlık alanında kişisel koruyucu ekipman kullanımı”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi*, 6(1), 241-247.
- Brown, R. C. (2016). Made in China 2025: implications of robotization and digitalization on MNC labor supply chains and workers' labor rights in China. *Tsinghua China L. Rev.*, 9, 186.
- Cabrejos, J., & Roman-Gonzalez, A. (2023). Artificial Intelligence System for Detecting the Use of Personal Protective Equipment. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2023.0140561>.
- Campero-Jurado I, Marquez-Sanchez S, Quintanar-Gomez J, Rodriguez S, Corchado JM. Smart Helmet 5.0 for Industrial Internet of Things Using Artificial Intelligence. *Sensors (Basel)* Nov 1 2020;20(21) doi: 10.3390/s20216241. Doi:10.3390/s20216241.
- Ceylan, H., & Başhelvacı, V. S. (2011). Risk Değerlendirme Tablosu Yöntemi İle Risk Analizi: Bir Uygulama. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2), 25-33.
- Čerka, P., Grigienė, J., & Sirbikyte, G. (2017). Is it possible to grant legal personality to artificial intelligence software systems? *Comput. Law Secur. Rev.*, 33, 685-699.
- Dally, W. J., Keckler, S. W., & Kirk, D. B. (2021). Evolution of the Graphics Processing Unit (GPU), in *IEEE Micro*, 41(6); 42-51. doi: 10.1109/MM.2021.3113475.
- Deranty, J. P., & Corbin, T. (2024). Artificial intelligence and work: a critical review of recent research from the social sciences. *Ai & Society*, 39(2), 675-691.
- El-Helaly M. (2024). Artificial Intelligence and Occupational Health and Safety, Benefits and Drawbacks. *La Medicina Del Lavoro | Work, Environment and Health*. 115(2). doi: 10.23749/mdl.v115i2.15835.
- Farzin, O., & Samiei, R. (2023). Ethical and Legal Challenges of Using Artificial Intelligence in Digital Businesses. *Journal of Technology in Entrepreneurship and Strategic Management*. <https://doi.org/10.61838/kman.jtesm.2.2.3>.
- Flaherty, J. E. (2009). Toxicogenomics and Workers' Compensation: A Reworking of the Bargain. *J. Health Care L. & Pol'y*, 12, 267-002
- Georgieff A, Hye R. (2022). Artificial Intelligence and Employment: New Cross-Country Evidence. *Front Artif Intell*. 5:832736. doi: 10.3389/frai.2022.832736. Doi: 10.3389/frai.2022.832736
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *Am J Ind Med.* ;62(11):917–926. doi: 10.1002/ajim.23037.
- Howard, J. (2022). Algorithms and the future of work. *American Journal of Industrial Medicine*, 65(12), 943-952.
- Huang, T., , Y., Li, S., Ran, J., Xu, Y., Asakawa, T., & Lu, H. (2023). Effectiveness of an artificial intelligence-based training and monitoring system in prevention of nosocomial infections: A pilot study of hospital-based data.. *Drug discoveries & therapeutics*. <https://doi.org/10.5582/ddt.2023.01068>.
- ILO. (2023). <https://www.ilo.org/publications/call-safer-and-healthier-working-environments>.
- Jarota, M. (2023). Artificial intelligence in the work process. A reflection on the proposed European Union regulations on artificial intelligence from an occupational health and safety perspective. *Computer Law & Security Review*, 49, 105825. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2023.105825>
- Lalitha, K., Ramya, G., & Shunmugathammal, M. (2023). AI-Based Safety Helmet for Mining Workers Using IoT Technology and ARM Cortex-M. *IEEE Sensors Journal*, 23, 21355-21362. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2023.3296523>.
- Ledda, A., Giordani, D., & Fizzano, M. (2023). Innovative Personal Protective Equipment: Advantages and Disadvantages of Applying Artificial Intelligence. *Human Interaction & Emerging Technologies (IHET 2023): Artificial Intelligence & Future Applications*. <https://doi.org/10.54941/ahfe1004102>.

- Li, R. Y. M., & Poon, S. W. (2013). *Construction safety*. Springer Science & Business Media.
- Li, P., Meziane, R., Otis, M. J. D., Ezzaidi, H., & Cardou, P. (2014, October). A Smart Safety Helmet using IMU and EEG sensors for worker fatigue detection. In *2014 IEEE International Symposium on Robotic and Sensors Environments (ROSE) Proceedings* (pp. 55-60). IEEE.
- Magalhães, A. F. A., & Caldas, E. D. (2019). Occupational exposure and poisoning by chemical products in the Federal District. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 72, 32-40.
- Malta, G., Matera, S., Plescia, F., Calascibetta, A., Argo, A., & Cannizzaro, E. (2024). Occupational accidents and the use of PPE: a global meta-analysis. *Frontiers in public health*, 12, 1368991. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1368991>
- Márquez-Sánchez, S., Campero-Jurado, I., Quintanar-Gómez, J., Rodríguez, S., & Corchado, J. (2020). Smart Belt Design by Naïve Bayes Classifier for Standard Industrial Protection Equipment Integration. *International journal of artificial intelligence*, 18, 186-201.
- Mijwel, M. M. (2015). *History of Artificial Intelligence*. Computer Science, College of Science, Pp.1-6.
- OSHA.https://www.osha.gov/sites/default/files/Hierarchy_of_Controls_02.01.23_form_508_2.pdf
- Otis, M.J.D.; Menelas, B.A.J. Toward an augmented shoe for preventing falls related to physical conditions of the soil. In *Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, Seoul, Korea, 14–17 October 2012; pp. 3281–3285.
- Man, S. S., Alabdulkarim, S., Chan, A. H. S., & Zhang, T. (2021). The acceptance of personal protective equipment among Hong Kong construction workers: An integration of technology acceptance model and theory of planned behavior with risk perception and safety climate. *Journal of safety research*, 79, 329-340.
- Nabila, S., & Widowati, E. (2023). Correlation between the factors of unsafe acts and unsafe conditions and the occurrence of work accidents among construction workers (a case study of PT X at Hospital Y project). *Periodicals of Occupational Safety and Health*.
- Reddy, K., Kethan, M., Basha, M., Singh, A., Kumar, P., & Ashalatha, D. (2024). Ethical and Legal Implications of AI on Business and Employment: Privacy, Bias, and Accountability. *2024 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKECS)*, 1, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICKECS61492.2024.10616875>.
- Rodrigues, R. (2020). Legal and human rights issues of AI: Gaps, challenges and vulnerabilities. *Journal of Responsible Technology*, 4, 100005.
- Sánchez, S., Campero-Jurado, I., Herrera-Santos, J., Rodríguez, S., & Corchado, J. (2021). Intelligent Platform Based on Smart PPE for Safety in Workplaces. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21. <https://doi.org/10.3390/s21144652>.
- Sarker, I. H. (2021). Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. *SN computer science*, 2(3), 160.
- Sarker I. H. (2022). AI-Based Modeling: Techniques, Applications and Research Issues Towards Automation, Intelligent and Smart Systems. *SN computer science*, 3(2), 158. <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01043-x>
- Sehsah R, El-Gilany AH, Ibrahim AM. Personal protective equipment (PPE) use and its relation to accidents among construction workers. *Med Lav*. (2020) 111:285–95. doi: 10.23749/mdl.v111i4.9398.
- Shinde, P., & Shah, S. (2018). A Review of Machine Learning and Deep Learning Applications. *2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA)*, 1-6.
- Shukla, S. (2024). Principles Governing Ethical Development and Deployment of AI. *International Journal of Engineering, Business and Management*. <https://doi.org/10.22161/ijebm.8.2.5>.
- Velasco, M., & Marasigan, R. (2024). Enhancing Personal Protective Equipment Compliance and Usage Accuracy on Construction Sites through YOLOv7 Detection. *2024 IEEE 7th International Conference on Big Data and Artificial Intelligence (BD AI)*, 205-212. <https://doi.org/10.1109/BD AI62182.2024.10692912>.
- Wang, Y. (2009). On Cognitive Computing. *Int. J. Softw. Sci. Comput. Intell.*, 1, 1-15. <https://doi.org/10.4018/jssci.2009070101>.
- Wu, Yc., Feng, Jw. Development and Application of Artificial Neural Network. *Wireless Pers Commun* 102, 1645–1656 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11277-017-5224-x>