

BİR ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETİNDE İŞ GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASINDA YAPAY ZEKA UYGULAMASI

Muvaffak Osman ENGÜR^{1*}, Tayfun YILMAZ²

¹ İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-1325-9647>

²Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş., İş Sağlığı ve Güvenliği Birimi

ORCID No: <http://orcid.org/0009-0000-4047-0291>

Anahtar Kelimeler	Öz
Elektrik dağıtım Yapay zeka Sağlık ve güvenlik Denetim Sıfır kaza	<p>Trakya bölgesinde 20000 kilometrekarelik bir alanda elektrik dağıtımı yapan bir işletmede, kesintisiz ve kaliteli enerji sağlamak, arızalara güvenli bir şekilde müdahale etmek amacıyla 230 çalışan iş sağlığı ve güvenliği (İSG) konularında düzenli olarak eğitilmekte ve denetlenmektedir. Tüm periyodik eğitim ve denetimlere rağmen sahada çalışanlar zaman zaman güvensiz davranışlar sergileyebilmekte ve ağır kazalar yaşanabilmektedir. İşletmede, güvenli davranışlar sergileme adına çalışanları yönlendirme, hataları, unutkanlığı ve dikkatsizliği engellemek için çalışma sırasında güvensiz durumu ya da hareketi (enerjiyi kesmeden çalışma, topraklama yapmama, kişisel koruyucu kullanmama vb.) kameralarla tespit edip çalışanı uyararak bir yapay zeka uygulaması ile çalışanın güvenlik performansının yükseltilmesi amaçlanmaktadır. Elektrik dağıtım sektöründe, iş güvenliğinin sağlanmasında geliştirilen tam otonom ilk yapay zeka sistemi sayesinde, çok geniş bir alanda enerjinin sürekli ve sürdürülebilir sağlanması daha pratik ve ekonomik hale gelmiştir. Gerçek zamanlı izleme ve analiz yapma kabiliyetindeki bu sistemin maliyeti her araç için ortalama 10000 dolardır. Geliştirilen bu proaktif sistem, işletmenin sıfır kaza hedefine ulaşma, kaza başına ortalama 8,5 gün olan iş günü kaybını ortadan kaldırma gibi avantajlar sağlamıştır. Bu çalışma, geliştirilen yapay zeka sisteminin, ülkemizde faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinde çok tehlikeli işlerde görev alan 16000 çalışanı doğrudan ilgilendiren güvenli bir alternatif olabileceğini vurgulamaktadır.</p>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION IN ENSURING OCCUPATIONAL SAFETY IN AN ELECTRICITY DISTRIBUTION COMPANY

Keywords	Abstract
Electric distribution Artificial intelligence Health and safety Inspection Zero accident	<p>In a company that distributes electricity over an area of 20000 square kilometers in the Thrace region, 230 employees are regularly trained and audited on occupational health and safety (OHS) issues in order to ensure uninterrupted and quality energy and to safely respond to faults. Despite all periodic training and inspections, employees in the field may occasionally exhibit unsafe behavior and severe accidents may occur. In order to guide employees to exhibit safe behaviors and to prevent mistakes, forgetfulness and carelessness, the company aims to increase the safety performance of the employee with an artificial intelligence application that detects the unsafe situation or movement (working without cutting the power, not grounding, not using personal protection, etc.) with cameras and warns the employee. Thanks to the first fully autonomous artificial intelligence system developed to ensure occupational safety in the electricity distribution sector, the continuous and sustainable provision of energy over a wide area has become more practical and economical. The cost of this system, which is capable of real-time monitoring and analysis, is approximately \$ 10000 for each vehicle. This proactive system has provided advantages such as achieving the company's zero accident target and eliminating the loss of working days, which is 8.5 days per accident. This study emphasizes that the developed artificial intelligence system can be a safe alternative that directly concerns 16000 employees working in very dangerous jobs in 21 electricity distribution companies operating in our country.</p>

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 12.09.2024	Submission Date : 12.09.2024
Kabul Tarihi : 30.10.2024	Accepted Date : 30.10.2024

* Sorumlu yazar e-posta: engur@iuc.edu.tr

1. Giriş

Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ), 1993 yılında kurulmuş bir iktisadi devlet teşekkülüdür ve 2004 yılına kadar elektrik dağıtım ve satış faaliyetlerini yürütmüştür. Başarılı bir özelleştirme programının ardından, Türkiye'nin elektrik dağıtım şebekesi 21 dağıtım alanına bölünmüş ve işletme hakları 21 özel sektör şirketine (Şekil 1) devredilmiştir (ELDER, 2020).



Şekil 1. Türkiye’de Elektrik Dağıtım Şirketleri ve Faaliyet Alanları

Bu sektörün, Türkiye ekonomisinde her yönden önemli bir yeri bulunmaktadır. 2022 verilerine göre, sektör, 192,61 TWh yıllık tüketim, 66.692 çalışan, 522.311 transformatör, 1.401.218 km dağıtım hattı ve 27,34 milyar Türk Lirası yıllık yatırım ile 45,86 milyon müşteriye hizmet sağlamıştır (EPDK, 2023). Enerji sektöründe kazaların önlenmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), sürdürülebilirlik ve enerji güvenliği sorunlarının genel değerlendirmesinde temel bir konudur. Elektrik dağıtım sektörünün güvenlik performansı; sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal yönlerinin yanı sıra sağlama sürekliliği, kabul edilebilirliği ve erişilebilirliği için oldukça önem teşkil etmektedir.

Elektrik dağıtım sektöründe sektöre özel İSG riskleri ve önlemleri bulunmaktadır. Tehlike ve risklerin tespit edilmesi kolay görünse bile bilinen risklerin azaltılması ve kontrol edilmesi zordur ve bu durum çok boyutlu önleme stratejilerini gerektirmektedir. Elektrik dağıtım şirketlerinde, her yıl basit yaralanmalardan ciddi vücut yaralanmalarına hatta ölüme kadar ciddi sonuçlar doğuran birçok kaza meydana gelmektedir. En yaygın önemli kazalar, elektrik çarpması, ark sebebiyle yanma, yüksekte düşme ve trafik kazaları olarak görülmektedir (ELDER,2020; Tan ve İnci, 2015).

Elektrik dağıtım sektöründe yaşanan ölümlü ve ölüm potansiyeli yüksek iş kazalarının büyük çoğunluğu, havai hatlarda yapılan çalışmalarda gerçekleşmektedir (ESFI, 2023). Yapılan araştırmalar, yaşanan kazaların/olayların büyük çoğunluğuna tipik çalışan kural ihlallerinin sebebiyet verdiğini göstermektedir (Cawley ve Homce, 2008; Koustellis vd., 2013; Doan, 2016).

Yürütülen operasyonların izlenmesi/denetlenmesi yasal zorunluluk olmakla birlikte, bu ihlallerin etkin bir denetim mekanizması ile tespit edilmesi kazaların önlenmesi için önemli fırsatlar sunar. Ne var ki sektörde kaza frekansının en yüksek olduğu Arıza Onarım Bakım (AOB) operasyonları (ESFI, 2021; ELDER, 2020) farklı lokasyonlarda ve eş zamanlı gerçekleştirildiğinden ötürü, operasyonların yerinde ve tam zamanlı olarak izlenmesi ile ilgili çeşitli kısıtlar ve kaynak ihtiyaçları (personel istihdamı, araç, akaryakıt vb.) ortaya çıkmaktadır. Bu makalenin amacı elektrik dağıtım yapan bir işletmede kazaları tamamen ortadan kaldırma ya da minimize etme adına güvensiz durumu ya da hareketi tespit edip çalışanı uyaran bir yapay zekâ uygulamasını paylaşmak ve Türkiye’de 21 elektrik dağıtım şirketine 16.000 çalışanı doğrudan ilgilendiren güvenli bir alternatif olabileceğini vurgulamaktır. Bunun yanı sıra çalışmada, arıza- bakım-onarım uygulamalarında yapay zeka (YZ) uygulaması kapsamında elde edilen kazanımların BM sürdürülebilir kalkınma amaçlarına olan doğrudan ve dolaylı katkısı da ortaya konulmuştur.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) kazayı yaralanmalara veya ölüme yol açabilecek planlanmayan, beklenmeyen ve istenmeyen bir olay olarak tanımlamaktadır (WHO, 2009). Uluslararası Çalışma Örgütü ise iş kazasını, bir veya daha fazla çalışanın kişisel yaralanması, hastalığı veya ölümü ile sonuçlanan iş ile bağlantılı ve iş sonucu ortaya çıkan şiddet eylemleri de dahil olmak üzere beklenmeyen ve planlanmamış olay olarak tanımlamaktadır (ILO, 2023). 6331 sayılı İş sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nda ise iş kazası, işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenengelli hâle getiren olaydır şeklinde tanımlanmaktadır (ÇSGB, 2023).

2019 yılında dünya çapında 395 milyondan fazla çalışan ölümcül olmayan iş kazası geçirmiştir. Aynı yıl işten kaynaklı olarak 2,93 milyon çalışan hayatını kaybetmiştir. 2,6 milyon çalışan işle ilgili hastalıklar nedeniyle hayatını kaybederken, 0,33 milyon çalışan ise iş kazaları nedeniyle ölmüştür. Bu değerler 2015 yılıyla kıyaslandığında %26’lık bir artışa karşılık gelmektedir (ILO, 2015; ILO, 2021; Takala vd., 2024). Bu rakamlara göre her 11 saniyede bir çalışan, iş kazası veya hastalık nedeniyle hayatını kaybederken, dakikada 751 çalışan ölümcül olmayan bir iş kazası geçirmektedir. Her gün 8028 kişi iş kazaları veya işe bağlı hastalıklar nedeniyle ölmektedir. Bu değerler, dünya çapında çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunmasında devam eden zorlukların altını çizmektedir.

İşle ilgili ölümlerin mutlak sayısındaki büyük artış, çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu, mesleki risklere korunmasız maruz kalmanın yanı sıra sosyo-demografik değişiklikler açısından ağırlaşmayla ilgili olabilir. Örneğin küresel işgücü 2000 ile 2019 arasında yüzde 26 artarak 2,75 milyardan 3,46 milyara çıktı (ILO, 2023). Kadınlara (100.000 kişide 17,2) kıyasla daha fazla erkeğin (çalışma çağındaki yetişkin başına 100.000 kişi başına 51,4) işle ilgili kazalardan öldüğü vurgulanmaktadır. Asya ve Pasifik bölgesi, bölgedeki işgücünün büyüklüğü nedeniyle iş kaynaklı ölümlerin en yüksek olduğu bölgedir (küresel toplamın yüzde 63'ü) (Takala vd., 2024). Tarım, ormancılık, balıkçılık, madencilik, inşaat ve imalat en tehlikeli sektörler olup, yılda 200.000 ölümcül yaralanma yaşanmaktadır. Bu, tüm ölümcül mesleki yaralanmaların yüzde 60'ını temsil etmektedir. Ölümcül mesleki yaralanma oranına bakıldığında, madencilik ve taşocakçılığı, inşaat ve kamu (elektrik, su, gaz, kanalizasyon) hizmetleri sektörleri dünya çapında en tehlikeli üç sektördür. (ILO, 2023).

Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK), Türkiye'de güç üretimi, iletimi ve dağıtım sektöründe yıllık ortalama olarak 12.976 iş kazası ve 86 ölümlü iş kazası meydana geldiğini belirtmektedir. Bu doğrultuda, SGK elektrik kazalarını, çalışanlar ve üçüncü taraflar için elektrik çarpması, yangınlar, yangınlar ve patlamalara sebebiyet veren uzun vadede ciddi bir tehlike olarak kabul etmektedir (ELDER,2020).

Elektrik dağıtım sektöründe, çalışanlar önemli tehlikelere maruz kalmaktadır ve ciddi yaralanmalara ve ölümlere sebebiyet veren kazalarla sonuçlanabilecek risklerle çalışma ihtimalleri potansiyel olarak daha yüksektir. Bu tehlikeli çalışma koşulları arasında yüksekten düşme, elektrik çarpması veya elektrik arkı sebebiyle yanma gibi riskler yer almaktadır. Bu yüzden, elektrikle çalışmak, planlama, güvenli bir çalışma sistemi ve en önemlisi de büyük bir itina gerektirmektedir. İşletmeye alma, bakım ve elektrik ekipmanının işlenmesi sırasında beklenmeyen bir şekilde enerjileme veya bir ekipmanın çalışması, ciddi kazalara sebebiyet verebilmektedir.

Elektrik akımı maruziyeti sonucu ölümcül kazaların sayısı hala yüksektir. Elektrik çarpması ve buna bağlı yaralanmalar, hastalıklar ve ölümlerle sonuçlanması nedeniyle önemli bir halk sağlığı sorunu olarak görülmektedir (Aydın vd., 2018). Elektrik çarpmaları, basit bir yaralanmadan ciddi çoklu organ yaralanmasına kadar geniş yelpazede hayatı tehdit etmektedir (Al vd., 2006). Bu yaralanmalar hayati riskler taşıyan acil ve etkin müdahale gerektiren önemli bir durumdur. Elektrik çarpması kişilerde ani ölümlere, cilt yanıklarına, ritim bozukluklarına, iç organ yaralanmalarına ve psikolojik bozukluklara neden olmaktadır (Polat, 2021). Elektrik akımının

insan vücudu üzerindeki etkisi; akımın temas süresi ve yoğunluğu, temas ettiği dokuların direnci ve vücutta izlediği yol gibi birçok değişkene bağlıdır (Aksoy, 1997). 2003-2011 yıllarına ait kaza verileri incelendiğinde, bu dokuz yıllık dönemde Türkiye'de elektrik iletim sistemlerinde 171 iş kazasının meydana geldiği, bu kazalarda toplam 16 çalışanın yaşamını yitirdiği ve bu kazaların önemli bir kısmının sonuçları itibariyle büyük kazalar olduğu görülmektedir. Bu kazaların %52,1'i ya ölümlerle ya da ağır yaralanmalarla sonuçlanmıştır. Bu değer tüm sektörler genelinde Türkiye'de % 3,9 civarındadır (Ceylan, 2012). 2013-2019 yılları için Türkiye'de elektrikten kaynaklanan kazaların analizinde meydana gelen iş kazalarının sadece %1,43'ü elektrikten kaynaklanırken, iş kazası sonucu ölüm vakalarının %5,42'si elektrikten kaynaklanan kazalarda yaşanmıştır (Ceylan vd., 2021). 2019-2021 yıllarını kapsayan 3 yıllık dönemde Türkiye'de iş kazası sonucu ölen sigortalı sayısı toplam 3760 kişi iken, bunların % 2,6 sı elektrik-elektronik işlerde çalışanlar olmuştur (Aydın ve Türkay, 2023).

Ülkemizde elektrik kaynaklı kazaların büyük bir kısmı elektrik dağıtım şirketlerinde gerçekleşmektedir. 2015 yılında elektrik dağıtım şirketlerinde 1.815 adet iş göremezlikle sonuçlanan iş kazası meydana gelmiş, bu kazalarda 18.054 iş günü kaybedilmiştir. Aynı yıl içinde 30 kişi elektrik iş kazası sonucu hayatını yitirmiştir (Tan ve İnci, 2018). Elektrik kazaları ölümcül mesleki olayların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Günümüzde tüm teknik önleyici yönler iyi bilinmesine rağmen elektrik kazaları meydana gelmeye devam etmektedir. Elektrik kazalarının önlenmesi, öncelikle daha iyi mühendislikle iyileştirilebilecek teknik bir konu olarak görülmelidir (Batra ve Ioannides, 2001)

"Türkiye'de Elektrik Dağıtım Sektöründe Kaza Kök Neden Analizi ve Nedensellik İlişkisi" üzerine yapılan bir projede Türkiye Elektrik Dağıtım Sektöründe 2016, 2017 ve 2018 yılları içerisinde raporlanan 2644 iş günü kayıplı kaza incelenmiştir. Bazı vakalarda, kazalara birden fazla çalışan dahil olmuştur, bu sebeple toplam 2825 çalışan, iş kazaları sebebiyle bir veya daha fazla takvim günü işe devam edemeyecek şekilde yaralanmış veya hayatını kaybetmiştir (ELDER, 2020). 224 elektrik çarpması kazasının 112'si alçak gerilim (AG) işlerinde gerçekleşirken 102 iş kazası yüksek gerilim (YG) işlerinde olmuştur. Sırasıyla tüm iş kazalarının %54,5 ve %45,5'ine denk gelmektedir. YG işlerinde daha az kazayla karşılaşılmasına rağmen, ölümlerin sayısı YG işlerinde daha fazla olmuştur. YG işlerinde 27, AG işlerinde 12 çalışan hayatını kaybetmiştir (ELDER, 2020). Bu sektörde kilitleme ve etiketleme (EKED), enerjiyi kesme ve topraklama, dokunmadan önce kontrol etme veya kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı gibi temel güvenli çalışma uygulamalarının yapılmaması yukarıda sıralanan

ağır sonuçlu kazaların başlıca nedenini oluşturmaktadır.

Türkiye’de elektrik dağıtım sektöründe işgünü kayıplı yaralanmaların (İKY) nedenleri incelendiğinde, tüm kazaların yaklaşık %80’ine, kayma/düşme/sendeleme, elektrik arki sebebiyle yanma, yüksekten düşme, motorlu araç kazası, elektrik çarpması, malzemenin sıkıştırması/malzemeye sıkışma, hayvan saldırısı ve fiziksel saldırı olmak üzere 8 nedenin zemin hazırladığı görülmektedir (ELDER, 2020).

Türkiye’de 21 elektrik dağıtım şirketinde, 2016 ve 2018 yılları arasında gerçekleşen ölümlü kazaların nedenleri incelendiğinde (Tablo 1) toplam 63 ölümlü kaza tespit edilmiştir. 39 ölümlü kazaya sebebiyet veren elektrik çarpması ölümlü kazaların en önde gelen sebebi olmuştur.

Tablo 1. Türkiye’de Elektrik Dağıtım Şirketlerinde Gerçekleşen Ölümlü Kazaların Nedenleri (2016-2018) (ELDER, 2020)

Ölümlü Kazalar	Sayı	%
Elektrik Çarpması	39	61.90
Yüksekten Düşme	9	14.29
Motorlu Araç Kazası	4	6.35
Düşen Cisim	2	3.17
Diğer	1	1.59
Malzemenin Sıkıştırması/Malzemeye Sıkışma	1	1.59
Elektrik Arki	1	1.59
Sınıflandırılmamış	6	9.52
TOPLAM	63	100

Tablo 1 incelendiğinde elektrik çarpması (%61,9), yüksekten düşme (%14,29) ve düşen cisimler (%3,7) toplamda kazaların yaklaşık %80’ini oluşturmaktadır. Burada sonuçlar Pareto ilkesi kapsamında değerlendirilebilir. Bu verilere Pareto analizi ile bakıldığında nereye odaklanılması gerektiğini göstermektedir. Pareto ilkesinin temeli, sonuçların %80’inin eylemlerin %20’sinden geldiğini öne sürmektedir (Koch, 2007). Bir işletmede güvenlik kültürünü ve performansını iyileştirmeden sorumlu iş sağlığı ve güvenliği profesyonelleri, her yıl hedefler oluşturulurken, bütçeler ve eylemler belirlenirken neyin stratejik öncelik haline gelip gelmeyeceğini hangi verilerin belirlediğinin tespitinde Pareto analizinden faydalanabilmektedir (Galloway, 2014).

“Yapay zeka” terimi, 1950’lerde akıl yürütme, problem çözüme, yeni görevler öğrenme ve doğal dili kullanarak iletişim kurma gibi becerilerle insan zekasını taklit edebilecek bilgisayarlar geliştirmek üzere yola çıkan bilgisayar bilimcileri tarafından ortaya atılmıştır. 2010’lu yıllardan bu yana, bilgi işlem teknolojisindeki ilerlemeler ve internetten veri depolarının bulunması, yapay zekada, özellikle de sistemlerin öğrenmesini ve verilere dayalı tahminlerde bulunmasını sağlamak için algoritmalar

kullanan makine öğreniminde önemli ilerlemelere yol açmıştır.

YZ tanımları teknolojik gelişmelere bağlı olarak sürekli değişmektedir. Terimin çok sayıda tanımı yapılmıştır ve YZ tabanlı bir sistemin evrensel bir tanımı üzerinde mutabakata varılmamıştır (Niehaus vd., 2022). Fakat bu konuda OECD ve Avrupa Komisyonu gibi büyük aktörlerin tanımlarına bakmak faydalı olabilir. OECD (2019), yapay zeka tabanlı sistemleri şu şekilde tanımlamaktadır: “.... belirli bir dizi amaç için öneriler, tahminler veya kararlar vererek çevreyi etkileyebilen makine tabanlı bir sistemdir. Makine ve/veya insan tabanlı girdileri/verileri kullanarak: (i) çevreleri algılamak; (ii) bu algıları modellere soyutlamak; (iii) modelleri yorumlayarak sonuçlar için seçenekler formüle etmektedir. YZ sistemleri, değişen otomasyon seviyeleriyle çalışmak üzere tasarlanmıştır”.

Avrupa Komisyonu tarafından YZ konusunda kurulan uzman grubu ise şu tanımları sunmaktadır (EU, 2019) : “YZ, çevrelerini analiz ederek, belirlenen hedeflere ulaşmak için belirli bir otomasyon derecesiyle eylemlerde bulunarak akıllı davranış sergileyen sistemleri ifade eder. YZ tabanlı sistemler tamamen yazılım tabanlı olabilir, sanal dünyada hareket edebilir (örneğin, sesli asistanlar, görüntü analiz yazılımları, arama motorları, konuşma ve yüz tanıma sistemleri) veya YZ donanım aygıtlarına yerleştirilebilir (örneğin, gelişmiş robotlar, otonom arabalar, dronlar veya nesnelerin interneti uygulamaları)”.

İş dünyasında, YZ teknolojisinin iki farklı uygulama türü bulunmaktadır. Birincisi, çalışanların gerçekleştirdiği görevleri otomatikleştirmeye yöneliktir. İkincisi ise, yönetsel işlevleri otomatikleştirmek için YZ tabanlı analizler ve algoritmalar kullanmaktır. Hem görev otomasyonu hem de algoritmik yönetimin, işteki temel ilkelere ve haklara saygı dahil olmak üzere iş miktarı ve kalitesi üzerinde olumlu etkileri vardır (ILO, 2022).

Birçok kişi YZ'nin iş yapma şeklimizi ele geçirmesinden korkmaktadır. Ancak YZ, sıradan görevleri verimli, veri odaklı süreçlere dönüştürerek işletmelerin çalışma biçimlerinde devrim yaratmıştır. Günümüz işyerlerinde YZ artık fütüristik bir kavram değil; günlük operasyonların ayrılmaz bir parçasıdır. YZ, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını geliştirmede önemli bir rol oynamaktadır (Warrick, 2024). YZ işyeri güvenliğinde; gerçek zamanlı izleme ve tehlike tespiti (Uzunlar & Widlund, 2024), risk değerlendirmesi için analizler (Pavelko, 2024), davranış tanıma ve etkin olay müdahalesi konularında birçok fayda sağlamaktadır. YZ tabanlı sistemlerin sürekli ve hızlı gelişimi, görevlerin otomasyonunda bir artış yanında iş sağlığı ve güvenliği için önemli fırsatları da yanında getirmektedir. YZ'yı çalışanlar için bilginin

toplanmasına, işlenmesine ve karar alma süreçlerine yardımcı olacak bir araç olarak kullanmak olumlu olacaktır (Niehaus vd., 2022).

Araştırmalar sınırlı olsa da YZ'nin bir işyerinde eğitim, demografik yapı, dil engeli, tehlikeli işler, gelir vb. faktörlerden kaynaklanan İSG eşitsizliklerini ortadan kaldıran ve iyileştirmelere katkısı bulunan potansiyel bir faktör olabileceği belirtilmektedir (Fisher vd., 2023). Öte yandan, YZ'nin iş sağlığı ve güvenliğine entegre edilerek, öngörücü bakım ve gerçek zamanlı risk değerlendirmesi yoluyla gelişmiş güvenlik ve üretkenlik gibi faydaları yanında, etik endişeler, veri gizliliği hususları ve düzenleyici uyumluluk ihtiyacı gibi olası dezavantajları da dikkate alınmalıdır (El-Helaly, 2022).

25 Eylül 2015'te kabul edilen Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi, yoksulluğu sona erdirmek, gezegeni korumak ve herkes için refah sağlamak için belirli hedefleri içeren küresel bir eylem planını kapsıyor. Bu süreçle birlikte, ülkelerin, 17 sürdürülebilir kalkınma hedeflerini yerine getirmelerinde ve raporlamalarında güvenilir İSG verilerini toplaması ve bunlardan yararlanması da vazgeçilmez hale gelmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Trakya bölgesinde 20000 kilometrekarelik bir alanda yaklaşık 300 bin direk, 30 bin kilometre elektrik hattı (23805 km havai, 6380 km yeraltı) ve 12 bin trafoya sahip olan bir elektrik dağıtım işletmesinde gerçekleştirilmiştir. İşletme 1.251.272 müşteriye hizmet vermektedir (ELDER, 2022). Trakya bölgesinde 3 il ve ilçelerinde (Şekil 2) elektrik dağıtım şebekelerinde operasyonlar gerçekleştirilmektedir. İşletmede 829 kadrolu, 313 taşeron olmak üzere toplam 1.142 çalışan görev yapmaktadır. Türkiye'de 2021 yılında dağıtım bölgeleri içinde gerçekleşen kayıp oranı itibarıyla %5,31 oranla en düşük ikinci şirket olmuştur (ELDER, 2021).

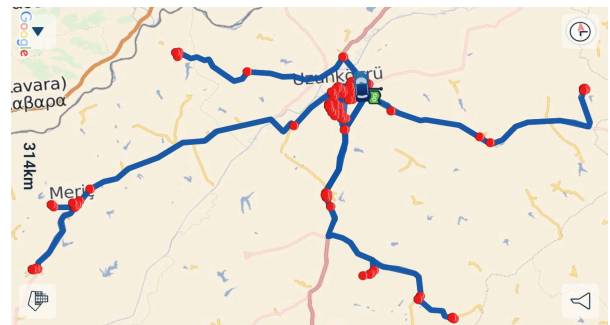
İşletmede görev alan çalışanlar tarafından birçok farklı operasyon (sayaç okuma, tesis yatırım, kesme bağlama, arıza, onarım ve bakım vb.) gerçekleştirilmektedir. Yürütülen bu operasyonlardan arıza, onarım, bakım (AOB) en riskli operasyondur. İşletmede, kesintisiz ve kaliteli enerji sağlamak adına arızalara güvenli bir şekilde müdahale etmek büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla işletmede AOB sorumlusu olarak adlandırılan çalışanların iş sağlığı ve güvenliği (İSG) konularında düzenli olarak eğitilmesi ve denetlenmesi gerekmektedir.



Şekil 2. Çalışma Kapsamındaki İller

Yürütülen operasyonların izlenmesi/denetlenmesi yasal zorunluluk olması yanında, saha çalışmalarında ihlallerin etkin bir denetim mekanizması ile tespit edilmesi kazaların önlenmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır. Ne var ki sektörde kaza frekansının en yüksek olduğu AOB operasyonları, farklı lokasyonlarda ve eş zamanlı gerçekleştirilmesi nedeniyle operasyonların yerinde ve tam zamanlı olarak izlenmesi ile ilgili çeşitli kısıtlar ve kaynak ihtiyaçları (personel istihdamı, araç, akaryakıt vb.) ortaya çıkmaktadır. İşletmede AOB operasyonları incelendiğinde; 21 farklı lokasyonda, 45 sepetli ve 34 pickup araçla, 3 vardiya içinde günlük ortalama 270 kilometre yol kat edilmektedir. Şekil 3'de bir gün içinde yaklaşık 314 km. yapan bir AOB aracının örnek rotası gösterilmiştir.

Mevcut iş gücü kaynağı ile ancak sahanın ortalama %2,5'lük bir kısmında gerçek zamanlı davranış odaklı iş güvenliği izlemesi yapılarak anlık tehlikelerin ortadan kaldırılması sağlanabilmekte ve ayrıca performans ölçümü de yerine getirilebilmektedir. Bu nedenle çalışmada ortaya konulan ana problem; çalışanların, dağınık bir coğrafyada, 24 saatlik sürede herhangi bir zaman diliminde ortaya çıkan elektrik arızalarını giderme sırasında çeşitli nedenlerle (yakıt, araç, personel maliyetleri vb.) sürekli denetim ve gözetim altında tutulamamasıdır.



Şekil 3. Bir Gün İçinde Yaklaşık 314 Km. Yapan Bir AOB Aracının Örnek Rotası

Operasyonel verimlilik nedeniyle AOB çalışmalarının %80'i eklemli teleskopik platformlu araçlar (ETPA) ile gerçekleştirilmektedir. Tablo 1 incelendiğinde ölümlerin yaklaşık %80'i elektrik çarpması, yüksekten düşme ve düşen cisimlerden

kaynaklıdır. Elektrik çarpılmaların büyük bir kısmı havai hatta temas sonucu meydana gelmektedir. Bu Pareto analizine dayalı olarak ETPA ile yüksekte yapılan işlere odaklanılması gerektiğini göstermiştir. Çok katmanlı yapay sinir ağı tabanlı görüntü işleme algoritmaları ile platformlu aracın uygun alanlarına konumlandırılan hareketli kameralar aracılığıyla arıza onarım bakım çalışmaları gerçek zamanlı ve sürekli olarak takip edilebilmesi amaçlanmıştır. Video analitik altyapısı ile üzerinde çalışma yürütülen şebeke ve şebekenin yapısına göre alınması gereken güvenlik önlemleri risk oluşmadan önce tespit edilecek, belirlenen yöntemlerle çalışan personele ve operasyon merkezlerine uyarı olarak iletilecek ve kaza oluşumu büyük ölçüde azaltılacaktır.

Platformlu araçlara takılan teknolojik donanımların (kamera, modem, bilgisayar, güç kaynağı vb.) YZ kullanılarak iş güvenliğine uygun bir algorithma gerçek zamanlı uzaktan izleme ve uyarı yapılmasını sağlayan otonom bir sistem geliştirilmiştir. EWSAI (Elektrical Work Safety Artificial Intelligence) adı verilen bu sistemin geliştirilmesi kapsamında çalışma adımları Şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Çalışma Adımları

Çalışmanın 3 zaman aşamasında hayata geçirilmesi planlanmıştır. 1. Aşamada 2020-2023 yılları arasında temel prototipin oluşturularak hayata geçirilmesi, 2. Aşama 2024 yılında işletme içinde sistemin yaygınlaştırılması ve son aşama ise görüntü işleme tabanlı YZ uygulamalarının diğer grup şirketlerinde yaygınlaştırılmasıdır.

Çalışmada ISUZU marka NPR long tipi platformlu araç kullanılmıştır. Aracın motor hacmi 2999 cc, maksimum torku 2800 rpm, yolcu kapasitesi 3 olup yaprak yaylı mekanik süspansiyon özelliklere sahiptir. Araç üstünde Paktaş firmasına ait PT142 ürün kodlu teleskopik platform çalışma yüksekliği 14 m., yanıl çalışması 8 m. ve kaldırma kapasitesi 200 kg.'dır. Araç üzerinde 3 kamera kullanılmıştır (Şekil 5). Kameralar, oldukça küçük ve düşük ağırlıkta (480 gr.) olması sebebi ile kör nokta bırakılmayacak açılarda 3 farklı (sepet içine, sepet

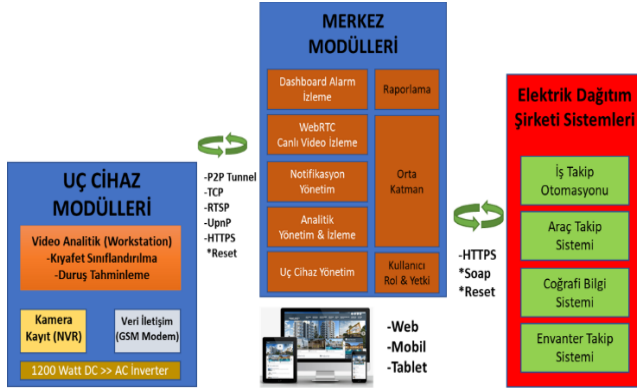
dışına ve bom üstüne) noktaya bağlanmıştır. Kullanılan kameralar Alhua markasına ait Dahua – HAC-T1A21-0280B ve Dahua 5MP 3.6MM IPC-HFW2541S-S-0360B-S2 Bullet IP kamera modelidir (Şekil 5). Bu kameralar profesyonel fotoğraf ve video kameralarıdır. Gerçek zamanlı göz takibi AF ve gerçek zamanlı izleme yapabilmektedir. Kamera 4K ultra HD video kaydı yapabilmektedir. Saha çalışmaları boyunca 24 saat boyunca çekim devam ettiğinden dolayı kamera ile birlikte 2 adet akü ve invertör kullanılmıştır.



Şekil 5. Çalışmada Kullanılan Eklemli Teleskopik Platformlu (Sepetli) Araç Ve Kameralar

Çalışmada araç üzerinde toplama bilgisayar kullanılmıştır. Bu bilgisayarın hardware kısmında; AMD işlemci, RTX ekran kartı, 2TB dahili harddisk, 6" monitör bulunmaktadır. Sistem gerçek zamanlı olarak 3 kameradan gelen 20 fbs video verisini anlık işleyebilmektedir. Sesli uyarı aracı olarak axis hoparlör kullanılmıştır. Sepetli aracın payandalarının yere basması ile otomatik olarak devreye giren sistem üzerinden fotoğraf ve video verileri merkez sunuculara iletilmektedir.

Öngörülebilir, sayısallaştırılabilir ve senaryolaştırılabilir İSG risklerinin kazaya yol açma potansiyelini sahadan topladığı gerçek zamanlı veri (duyar elemanlar ve elektro-optik unsurlarla hasat edilen) ile sorgulayan, risk önleme/azaltma prosedürlerinin uygulanmasında insan çabasına rehberlik eden, istatistik temelli öğrenme, değerlendirme ve geliştirme faaliyetlerine makine katkısı sağlayan, donanımın yapısal ve işlevsel durumunu kesintisiz denetleyen "EWSAI yapay zeka sistemi" geniş bir coğrafyada kullanılmıştır. Şekil 6 çalışmamızda ele alınan sistemin temel yapısal ve işlevsel özellikleri hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 6. EWSAI Sisteminin Mimari Yapısı

4. Bulgular

Türkiye’de 1.401.000 km olan toplam elektrik dağıtım hattı uzunluğunun %76,8’i (1.076.000 km) havai hat şeklindedir (ELDER, 2022). Bu durum sektöre yönelik arıza bakım onarım çalışmalarının yer üstünde olmasına ve İSG denetimlerinin de ister istemez direkler üzerindeki işlere yoğunlaşmasına neden olmuştur. Elektrik direklerine ulaşım güvenlik ve zaman tasarrufu gibi nedenlerle ETPA ile gerçekleştirilmektedir. Bu araçlarda elektrik arızalarına müdahale eden çalışanlar iş güvenliği kapsamında genellikle baret, izole eldiven, ark koruyucu elbise, paraşüt tipi emniyet kemeri ve kompozit burunlu elektrikçi ayakkabısı kullanmakta, ekipman olarak da dedektör, istanka ve hat topraklama donanımından faydalanmaktadır.

Yukarıda sıralanan hususlar elektrik dağıtım sektöründe İSG denetimlerinin ve geliştirilecek YZ destekli sistemde izlenmesi gereken nesnelerin neler olacağına temel oluşturmuştur. İş sağlığı ve güvenliği denetim ve gözetiminde dikkate alınacak parametreler elektrik şebekesi, KKD ve çalışma ekipmanları olmak üzere 3 farklı grupta toplanmıştır (Şekil 7). Bunlar aşağıda alt parametreleriyle sıralanmıştır:

- ❑ Elektrik Şebekesi
 - AG direği
 - YG direği
 - Müşterek direk
 - Aydınlatma direği
- ❑ Personelin KKD kullanımları
 - Baret/Başlık
 - Ark koruyucu elbise
 - İzole eldiven
 - Paraşüt tipi emniyet kemeri ve aksesuarları

- Kompozit burunlu ayakkabı
- ❑ Elektrik Güvenliği Çalışma Ekipmanları
 - AG / YG dedektör
 - AG / YG izole istanka
 - AG / YG topraklama



Şekil 7. İş Sağlığı ve Güvenliği Denetim ve Gözetiminde Dikkate Alınan Unsurlar

EWSAI, elektrik sektöründe İSG alanındaki tam otonom ilk yapay zekâ sistemidir. YZ uygulaması, platformlu araçta arızaya müdahale eden çalışanı, üç farklı noktaya yerleştirilen kamera ile takip ederek, güvensiz yapılan uygulamalarda (enerji yokluğu kontrolü yapmama, topraklama yapmama, kişisel koruyucu kullanmama vb.) sesli olarak uyararak güvenlik performansını yükseltmektedir. İzlenen operasyon noktası Şekil 8’de gösterilmiştir. AOB çalışanı yüksekte çalışmayı yaparken alınan görüntüler sonrası YZ tarafından değerlendirilecek sorular aşağıdakilerden oluşmaktadır:

KKD kullanımı

- Baret/başlık kullanılıyor mu?
- Ark koruyucu elbise giyilmiş mi?
- Paraşüt tipi emniyet kemeri giyilmiş mi?
- Ankraj noktasına bağlanmış mı?

Elektrik Güvenliği Çalışma Kuralları

- Alçak gerilim şebekesinde AG dedektörü ile enerji yokluğu kontrolü yapıldı mı?
- Yüksek gerilim şebekesinde YG dedektörü ile enerji yokluğu kontrolü yapıldı mı?
- Alçak gerilim şebekesinde AG topraklama yapıldı mı?
- Yüksek gerilim şebekesinde YG topraklama yapıldı mı?



Şekil 8. YZ Tarafından Odaklanılan İş Noktası

Bu soruların cevabının olumsuz verildiği her durumda çalışana sistem sesli uyarı yaparak güvensiz davranış ya da durum ortadan kaldırması sağlanmaktadır. Sesli uyarılar “emniyet kemeri tespit edemiyorum, lütfen kullandığınızdan emin olunuz”, “enerji yokluğu kontrolü yaptığımızı tespit edemiyorum lütfen enerji yokluğu kontrolü yaptığımızdan emin olunuz”, “mahalli topraklama tespit edemiyorum hattı toprakladığımızdan emin olunuz” şeklindedir. Bu proaktif uygulama elektrik dağıtım şirketlerinde ölümlü kazaların %80’ini ortadan kaldırdığı gibi, sistemin her araçta uygulanması durumunda 20.000 km²’lik bir alanda İSG denetimlerin sahaya çıkmadan bir ofisten gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Sistem öncesi İSG denetim oranı %2,5 iken, bu uygulama geniş bir sahada İSG denetimlerini merkezi bir ofisten olay yerine gitmeden %100’lük bir oranda yapılabilmekte ve kayıt altına alınabilmektedir.

EWSAI gerçek zamanlı olarak proaktif iş güvenliği izleme ve uyarı desteği sağlamaktadır. Havai hatlarda yapılan çalışmalarda önceden kodlanmış olan nesnelere ve kurallara kullanılmaktadır. EWSAI, üç kameradan (Şekil 9) aldığı görüntüleri analiz ederek AOB çalışanın neleri yapmadığını ya da gördüğü bir olumsuzluğu tespit edip belirlenen periyotlarda çalışana sesli olarak uyarılmaktadır. Bu durum çalışanın güvenlik talimatlarını atlama, unutma ve dikkatsizlik gibi güvensiz davranışlarını tamamen devre dışına çıkarmaktadır.



Şekil 9. YZ 3 Kamera Görüntüsünü Gerçek Zamanlı Analiz Ederek Uyarı Yapmaktadır

EWSAI çalışması kapsamında makine öğrenimi ve derin öğrenme tabanlı görüntü işleme altyapısıyla; trafo, pano, elektrik hattı alanlarında arıza bakım onarım işleri öncesi ve sırasında AOB çalışanlarının KKD/ekipman uygunluğunun akıllı şekilde analizini yaparak uygun olmayan veya eksik ekipman/KKD tespiti yaparak anlık olarak çalışanlara sesli uyarı ve amir pozisyonundaki kişilere durum hakkında uyarı verilmesi sağlanmıştır. Saha çalışmalarında elektrik enerji dağıtım operasyonlarındaki iş güvenliği seviyesinde; çalışma alanı insan varlığı tespiti (en az %95 doğruluk), uygun ekipman ve KKD varlığı tespiti (en az %90 doğruluk) ve elektrik hat, trafo, pano vb. çalışma alanı donanım tespiti (en az %90 doğruluk) gibi konularda oldukça yüksek doğruluk oranına ulaşılmıştır.

Sepet içinde AOB operatörü tarafından yapılan çalışmalar araç üzerindeki grafik işlemci ünitesine (GPU) sahip makinada gerçek zamanlı aktarım protokolü (RTSP) üzerinden anlık işlenmiştir. Bu analiz süreçleri içinde; çalışma yapılan şebeke türü (YG / AG), baret, koruyucu iş eldiveni, emniyet kemeri, armatür, ıskanta, dedektör, topraklama ekipmanı gibi nesnelere AOB operasyonunun kendi doğal döngüsünde görülmesi gerekmektedir. Bu nesnelere, operasyon sırasında belirli bir zaman geçmesine rağmen görülmediği durumlarda sistem operatöre anlık sesli uyarılar yapmıştır. 42 günlük saha çalışması sonucunda 210 AOB operasyonu için toplam 430 saatlik video kaydı yapılmıştır. Ortalama % 91,2 doğruluk oranıyla nesnelere tespit edilmiştir. Kayıtlar incelendiğinde AOB operasyonlarının yaklaşık %30’una denk gelen 65 operasyonda toplam 312 uyarı anonsu yapılmıştır. Bu uyarı anonslarının 135’i KKD eksikliği (emniyet kemeri, baret, koruyucu iş eldiven kullanım eksikliği), 163’ü güvensiz davranış olarak bilinen kural ihlali (dedektör/ıskanta kullanmadan mahalli topraklama yapma) ve 14’ü güvensiz durum (topraklanmamış şebeke) üzerine gerçekleştirilmiştir.

KKD eksikliği de operatörden kaynaklanan bir güvensiz davranış olarak değerlendirildiğinde yapılan 312 uyarı anonsunun %95,5'ini güvensiz davranışlar oluşturmaktadır. Bu durumda sistem, çalışanların belirlenmiş güvenlik kuralları ve düzenlemelerin dışında kaldığı ve dolayısıyla kaza, yaralanma veya olay riskini artıran eylem, uygulama veya davranışlarını daha işin başında engelleyebilmektedir.

Proje maliyetleri beş farklı kalemden oluşmaktadır. Bunlar:

Yazılım maliyeti

Donanım maliyetleri

Araç

Kamera ve algılama sistemleri

Işıklı ve sesli sinyal araçları

Veri işleme ve depolama cihazları

Offline ve online network araçları

Montaj maliyetleri

Outdoor cihaz montajı

Indoor cihaz montajı

Kablolama

Cihazların güvenliği

Cihazların servis ve bakım periyodu

Raporlama için iş gücü maliyetleri

Verilerin toplanması

Raporlama algoritmasının oluşturulması

Sistemin geliştirilmesi

Demo için iş gücü maliyetleri

Donanımsal demo

Yazılımsal demo

Demo bölgesinin organizasyonu

Çalışmada YZ tabanlı elektrik iş güvenliği sisteminin araç başına toplam maliyeti 10.000 dolar olmuştur. Bu maliyetin %80'ini donanım, %20'sini ise yazılım geliştirme için gerekmektedir. Çalışmanın amacı İSG denetimlerinin etkinliğinin artırılması, güvenlik performansının yükseltilmesidir. İlk yatırım maliyeti yüksek gibi görünmesine rağmen, YZ tabanlı elektrik iş güvenliği sistemi olmaksızın ortaya çıkan ve katlanması gereken diğer maliyetler çok daha yüksektir. Bu kapsamda örneğin YZ tabanlı elektrik iş güvenliği kurulmaması halinde, tam zamanlı İSG denetimi yapmak üzere sahaya çıkmak için 45 adet araca ihtiyaç duyulmaktadır. Sadece bu araçların tedarik edilmesinin işletmeye getireceği maddi yük (araç kiralama/alım maliyeti, sigorta maliyetleri, olası kaza durumlarında ödenebilecek hasar ve tazminat bedelleri vb.) oldukça yüksek olmaktadır. Öte yandan 24 saat için 3 vardiya denetim yapabilmek üzere 165 personele ihtiyaç duyulacaktır. 165 adet personelin; işe alım süreçleri, eğitim, ücret, olası iş kazası, vergiler, yol ve yemek masrafları vb. pek çok maliyet ile işletmeye ayrıca yükler getireceği açıktır. Tedarik edilmesi gereken 45 aracın tam zamanlı denetim amacıyla kullanımı halinde tüketilmesi gereken akaryakıt ihtiyacı yıllık

302 tona ulaşmaktadır. YZ tabanlı iş güvenliği sistemi kurulduğunda, özet olarak ve sadece araç ve personel açılarından vurgulanan tüm maliyetlerden, kurulan sistemin faydalı ömrü kadar bir süre kaçınılmış olmakta, bir başka ifadeyle, fayda elde edilmektedir. YZ tabanlı elektrik iş güvenliği sisteminin tüm hizmet ömrü dikkate alındığında, bu sistemi kurmakla kaçınılan maliyetlerden sağlanacak faydanın, güvenlik sistemi kurmakla oluşan alternatif maliyetten çok yukarıda olacağı dikkate alınmalıdır. Üstelik bunun için bir fayda maliyet analizi gibi kapsamlı analizlere gerek olmadan, güvenlik sistemi kurmanın maliyeti (10000 dolar/araç) ile bu sistemi kurmakla kaçınılan sadece bir tek yılın yakıt maliyetini (yaklaşık 400.000 dolar) karşılaştırmak önemli bir ipucu vermektedir. YZ tabanlı elektrik iş güvenliği sistemi kurmakla katlanılan toplam maliyet, bu sistemi kurmamakla oluşacak maliyetlerden veya kurtulunan maliyetlerle oluşan toplam faydadan çok daha düşük düzeydedir.

4.1 Sınırlılıklar

Bu çalışmanın bulguları bazı sınırlamalar ışığında ele alınmalıdır. Birincisi, araştırma ile ilgili en büyük kısıt Türkiye'deki elektrik dağıtım sektöründe veya diğer sektörlerde bu kapsamda bir çalışmanın önceden yapılmamış olmasıdır. Bu konu hakkında çok az veya hiç araştırma yapılmaması, tamamen yeni bir araştırma tipolojisi geliştirilmesini gerektirmiştir. İkincisi, çalışma geliştirilen prototip üzerinden yorumlanmış, işletme içinde yaygınlaştırılması ile ilgili bir zaman ve bütçe kısıtı bulunması nedeniyle araştırma sonuçlarını tüm işletme kapsamında olumlu sonuçlarını değerlendirmek ve zaman içinde güvenlik performans değişimini ölçmek mümkün olamamıştır.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada ele alınan yapay zeka tabanlı EWSAI sisteminin kurulumu ve yaygınlaştırılması ile elde edilecek avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Elektrik işleri gibi çok tehlikeli işlerde, gözden uzak, gece gündüz ve açık hava şartlarında çalışan AOB çalışanlarının, daha güvenli çalışmalarına olanak sağlamaktadır.
- Proaktif bir sistemdir. Bir olay veya kaza meydana gelmeden önce sorunlar ortadan kaldırılmaktadır.
- Birçok farklı görevde, 4 farklı kaza tipini önlemektedir. Bir kaza nedeniyle kimsenin yaralanmaması gerektiğini belirten "sıfır kaza" vizyonuna destek sağlamaktadır.
- İş günü kayıplı kazalar (8,5 iş günü kaybı/kaza) ortadan kalkmaktadır.

- Güvensiz davranışlar ve ramak kala olaylar kolaylıkla kayıt altına alınabilmektedir.
- Kısa vadede, pahalı gibi görünmesine rağmen, uzun vadede ölüm, yaralanma ve hasar, adli soruşturmalar, İSG denetimleri ve kaza araştırmalarını ortadan kaldırarak çok daha düşük maliyetli bir alternatif olmaktadır.
- Yerinde denetim ve davranış izleme gibi proaktif güvenlik önlemlerini ikame eder.
- Tüm çalışmalar 7/24 online/offline izlenebilmektedir.
- Gerektiğinde uzaktan/otomasyonla müdahale edebilme olanağı sağlamaktadır.
- İkincil bir sisteme entegrasyon ihtiyacı duyulmamaktadır.
- Çalışması için herhangi bir operatör müdahalesi ya da internet bağlantısı gerektirmemektedir.

Eylül 2015'te gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nde, 193 ülkenin imzasıyla tüm dünyada kalkınmanın yönünün daha sürdürülebilir bir rotaya evrilmesini öngören 2030 Gündemi kapsamında, 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı (SKA) tanımlanmıştır (UN, 2023; UNDP, 2017)

Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi, bir ülkedeki tüm sektörlerin bu süreçte çok önemli bir rolü bulunmakta ve her işletmenin ciddi çaba göstermesi gerekmektedir. Ne kadar büyük veya küçük olursa olsun, hangi sektörler olursa olsun, tüm işletmeler SKA'na katkıda bulunabilir. Küresel hedeflerin ölçeği ve kapsamı benzersiz olsa da, işletmelerin katkıda bulunabileceği temel yollar değişmeden kalır. BM Küresel İlkeler Sözleşmesi, işletmelerden önce sorumlu bir şekilde iş yapmalarını ve ardından iş inovasyonu ve iş birliği yoluyla toplumsal zorlukları çözme fırsatlarını değerlendirmelerini ister.

Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) "Sürdürülebilirlik Projeleri Altın Derece Ödülü" (TREDAS, 2023) bulunan işletme, araştırmanın konusu olan EWSAI sistemi ile 17 SKA'dan beşine (3, 8, 9, 12, 13) doğrudan katkı sağlamaktadır.

Sağlıklı ve kaliteli yaşam (SKA 3): Uygun çalışma koşulları, yüksek sağlık ve güvenlik standartlarına uyulması, iş kazalarının önlenmesi işletmenin bu amaca katkı sağlaması açısından önemlidir. İşletme çalışanın güvenlik ve sağlığı için proaktif sistemlere (EWSAI) yaptığı yatırımlar yoluyla çevredeki toplulukların sağlığını ve refahını destekleyerek amaç 3'e doğrudan katkıda bulunur.

İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme (SKA 8): İzleme faaliyetinin gerçekleştirildiği sahanın geniş olması sebebiyle iş gücünün büyük bir bölümü çalışma alanına ulaşım için harcanmaktadır. Bu projenin sürdürülebilmesi için gereken iş gücü ise

çok daha azdır. EWSAI'nin yaratıcılığın ve yenilikçiliğinin sürdürülebileceği bir proje olması ile birlikte yapay zekanın kullanılması işletmenin bu sektörde geleceğin teknolojisine entegrasyonunu sağlaması açısından önemli olacaktır. Bu proje ile çalışanlar teknolojik edinimleri kazanacaktır. Bu sayede iş gücü olarak harcamış oldukları zamanda kişisel gelişimlerine katkı sağlayarak girişimciliğin, yaratıcılığın ve yenilikçiliğinin desteklendiği insana yakışır bir iş modelinde yer almış olacaktır.

Sanayi, yenilikçilik ve altyapı (SKA 9): Teknolojik gelişmeler, inovasyon ve dijitalleşme, değer zincirinin üretim aşamasını güçlü bir şekilde etkiliyor. Bu yeni gelişmeler, aynı zamanda yeni beceriler geliştirme ve teknolojik kapasiteyi yükseltme, verimliliği artırma, daha akıllı üretim ve "Endüstri 4.0" olarak da adlandırılan veri yönetimini geliştirme fırsatı da sunmaktadır. Bu proje, uzaktan otomasyon sistemleri ile çalışma alanına müdahale imkanları sunabilecek aynı zamanda buna benzer birçok inovatif düşünce kanallarının önünü açacaktır. Bununla beraber işletme politikalarını destekleyebilecek inovasyonlar ile kaynakların daha verimli kullanımının artırılması sağlanarak, temiz ve çevresel açıdan daha sağlam teknoloji ve altyapının sürdürülebilir hale gelecek biçimde geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Sorumlu üretim ve tüketim (SKA 12): Daha fazla tüketim potansiyel olarak daha büyük çevresel etkilere yol açabilir. Buna karşın sosyal odaklı hedeflere ulaşılırken aynı zamanda tüketimin azaltılmasını sağlayan EWSAI çevresel odaklı hedeflere ulaşılmasına destek sağlamaktadır. Geliştirilen YZ sistemi, araç ve fosil yakıt ihtiyacı doğrudan ortadan kaldırılarak, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi hedefini gerçekleştirmede kilit rol oynuyor.

İklim eylemi (SKA 13): Çeşitli teknolojiler kullanarak sektörün fosil yakıt kökenli enerji kullanımını azaltması, enerjinin verimli olmasını ve karbon emisyonlarını azaltmasına yardımcı olur. Bu proje araç, yakıt ve iş gücü ihtiyaçlarını minimize ederek işletmenin karbon ayak izi azaltımına katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda işletmenin politika, strateji ve planlarına iklim değişikliğiyle ilgili önlemlerin entegre edilmesi sağlanabilecektir. İşletme geliştirdiği sistemle, sera gazı emisyonlarını kısa vadede azaltma, orta vade de ise yeni bir sistem ile İSG denetiminde araç ve ulaşım lojistiğini ve fosil yakıt kökenli yenilenemeyen kaynak tüketimini azaltarak küresel iklim değişikliğinin hafifletilmesi ve uyum sağlanmasında katkıda bulunmaktadır.

Güvenilir, uygun fiyatlı ve giderek daha temiz hale gelen enerji, Türkiye ekonomisi ve yaşam tarzımız için hayati öneme sahiptir. Elektrik evlere, ofislere ve endüstrilere güç sağlar; iletişim, eğlence ve tıbbi hizmetler sağlar; çeşitli teknolojilere güç verir ve

birçok ulaşım türünü işleterek insanları bağlantıda tutar. Çoğumuz elektriği olduğu gibi kabul ederiz; bir düğmeyi çevirdiğimizde ışıkların her zaman yanmasını bekleriz. Elektrik enerjisi sektöründe çalışanlar, bu güvenilirliğin sağlanmasında kritik öneme sahiptir ve elektrik dağıtım sektörü, onların sağlık ve güvenliklerini korumaya kararlıdır.

Elektrik dağıtım sektörü, çalışanları işte güvende tutmak için önlemeye odaklanan proaktif ve inovatif İSG programları gibi güçlü araçlara güvenmektedir. Bunlardan birisi olan yapay zekâ uygulaması (EWSAI), kazaları tamamen ortadan kaldırma ya da minimize etme adına işletmenin güvenlik kültürünün ayrılmaz bir parçası olarak birkaç temel faydayı sağlamaktadır:

- Gerçek zamanlı proaktif iş güvenliği izleme ve uyarı sağlar. EWSAI, havai hatlarda yapılan çalışmalarda nesnelere ve kuralları kullanarak; personelin neleri yapmadığını tespit eder, belirlenen periyotlarda personeli sesli olarak uyarır. Gerektiğinde kritik iş güvenliği kurallarını yerine getirmesi için işlem öncesinde personele sesli hatırlatmada bulunur.
- İşletmede pek çok birime analizler için veri sağlar. İl, ilçe, bölge, personel bazlı yapılan tespitler internetin olduğu her durumda merkezi veri transferi yapar. Veriler birçok kritere göre anlamlandırılır. Performans analizi ve kaza tahminleme imkanı sunar.
- Ramak kala tespiti yapar. Tespit edilen uygunsuzluklar arasında kuruluşun ramak kala kayıt envanterini oluşturur.
- Güvensiz durum ve güvensiz davranış verisi toplar. Olaya sebep olabilecek güvensiz durumları ve güvensiz davranışlarını izleyerek kaza öngörüsü için bilgi kaydı depolar.

EWSAI'nin işyeri güvenliği uygulamalarına entegre edilmesi henüz başlangıç aşamasındadır, ancak potansiyeli çok büyüktür. YZ teknolojisi ilerledikçe, güvenlik tehlikelerini proaktif bir şekilde tespit eden ve önleyen daha ileri ve akıllı sistemlere dönüşecektir. YZ algoritmaları, insan davranış kalıplarını tanıyacak ve yorgunluk, dikkat dağınıklığı veya sarhoşluk belirtilerini tespit edecek şekilde eğitebilir. Bu, insan hatasından kaynaklanan kazaların önlenmesine yardımcı olabilir.

YZ destekli sistemler, çalışanların fizyolojik parametrelerini gerçek zamanlı olarak izleyebilen giyilebilir cihazlarla entegre edilebilir. Bu, potansiyel sağlık sorunları için erken uyarı sağlayabilir ve kuruluşların önleyici tedbirler almasına olanak sağlayabilir.

Sıcaklık, nem, rüzgar hızı vb. çeşitli parametrelere ilişkin sürekli olarak veri toplayan sensörler ve kameralarla donatılabilir.

Teşekkür

Bu çalışmada, Ayvos Bilgi Teknolojileri A.Ş. kurucu Genel Müdürü Sayın Eray Hangül ile Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş. yöneticilerine geri bildirimleri ve teknik destekleri için teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Aksoy, M.E. (1997). Elektrik Akımlarının Neden Olduğu Yaralanmalar. *Adli Tıp Bülteni*, 2(1):25-34.
- Al, B., Aldemir, M., Güloğlu, C., Kara, İ.H. & Girgin, S. (2006). Elektrik Çarpması Sonucu Acil Servise Başvuran Hastaların Epidemiyolojik Özellikleri. *Ulus Travma ve Acil Cerrahi Dergisi*, Cilt: 12 Sayı: 2 Sayfa Aralığı: 135 – 142.
- Aydın, F., Sunay, M. S., Akın, U. & Kahraman. İ. (2018). Elektrik Çarpması Sonucu Meydana Gelen Yaralanmaların Adli-Tıbbi Değerlendirmesi. *Ege Tıp Dergisi*, Cilt: 57 Sayı: 2, 116 – 118.
- Aydın, M. S. & Türkay, Y. (2023). Evaluation of Occupational Health and Safety Training in Turkey in terms of Electricity Distribution Sector. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (51), 42-47.
- Batra, P. E., & Ioannides, M. (2001). Electric Accidents in the Production, Transmission, and Distribution of Electric Energy: A Review of the Literature. *International Journal Occupational Safety and Ergonomics*, 2001, Vol. 7, NO. 3, 285–307
- Cawley, J. C. & Homce, G.T. (2008). Trends in Electrical Injury in the U.S., 1992–2002. *IEEE Trans Ind Appl* 2008 Jul-Aug; 44(4):962-972.
- Ceylan, H. (2012). Türkiye'deki Elektrik İletim Tesislerinde Meydana Gelen İş Kazalarının Analizi. *Electronic Journal of Vocational Colleges (EJOVOC)*, Vol. 2, no. 1, pp. 98-109, May.
- Ceylan, H., Elri, Z., Çokaklı, Ö. & Metin, N.A. (2021). Occupational Accidents Caused by Electricity in Turkey. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi* 4:2, 50-67.
- ÇSGB (2023). İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. *Resmî Gazete* 28339 (30 Haziran 2012). https://kms.kayis.gov.tr/Home/kurum/24304_01?AspxAutoDetectCookieSupport=1, Erişim Tarihi: 12.12.2023
- Doan, D. (2016). Human Error and Electrical Safety. *IEEE Industry Applications Magazine*, 22(2):6-6.

- ELDER, (2020). Türkiye’de Elektrik Dağıtım Sektöründe Kaza Kök Neden Analizi ve Nedensellik İlişkisi. Proje C40021/10128/59978_C40022/444/8332 TÜRKİYE; FİNAL RAPORU <https://www.elder.org.tr/ebulten/elder-ebrd-final-raporu-tr.pdf>, Erişim Tarihi: 08.11.2023
- ELDER, (2021), Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği (ELDER) Sektör Raporu 2021. <https://www.elder.org.tr/Content/files/ffe96ba7-00b8-4771-ab18-04435e497792.pdf>, Erişim Tarihi: 05.04.2024
- ELDER, (2022), Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği (ELDER) Sektör Raporu 2022 <https://www.elder.org.tr/Content/files/3729a088-aac2-4fc4-9b00-6dc44df53445.pdf>, Erişim Tarihi: 05.04.2024
- El-Helaly, M. (2022). Artificial Intelligence and Occupational Health and Safety, Benefits and Drawbacks. *La Medicina del Lavoro, Med Lav* 2024; 115 (2): e2024014 DOI: 10.23749/mdl.v115i2.15835
- EPDK, (2023). Electricity Market Sector Report 2022. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/1-1271/electricityreports>, Erişim Tarihi: 09.04.2024
- ESFI (2021). Occupations-Most-At-Risk-in-Fatal-Overhead-Power-Line-Incidents. <https://www.esfi.org/wp-content/uploads/2021/06/ESFI-Appendix-C-Paper-Occupations-Most-At-Risk-in-Fatal-Overhead-Power-Line-Incidents.pdf>, Erişim Tarihi: 08.09.2023
- ESFI (2023). Overhead Powerline Safety. <https://www.esfi.org/overhead-powerline-safety/>, Erişim Tarihi: 08.09.2024
- EU (2019). A definition of AI: Main capabilities and scientific disciplines. High-level Expert Group on Artificial Intelligence. European Commission. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines>, Erişim Tarihi: 07.08.2024
- Fisher, E., Flynn M.A., Pratap, P. & Vietas, J.A. (2023). Occupational Safety and Health Equity Impacts of Artificial Intelligence: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, 20, 6221. <https://doi.org/10.3390/ijerph20136221>.
- Galloway, S.M. (2014). A Transformational Pareto Analysis: Finding Focus. <https://proactsafety.com/uploads/file/articles/finding-focus-a-transformational-pareto-analysis.pdf>, Erişim Tarihi: 03.08.2023
- ILO (2015). Global Trends on Occupational Accidents and Diseases. https://webapps.ilo.org/static/english/osh/en/story_content/external_files/fs_st_1-ILO_5_en.pdf, Erişim Tarihi: 11.10.2023
- ILO (2021). “ILO Data Explorer” <https://ilostat.ilo.org/data/>, Erişim Tarihi: 17.10.2023
- ILO (2022). Artificial intelligence <https://www.ilo.org/artificial-intelligence>, Erişim Tarihi: 11.10.2023
- ILO (2023). A call for safer and healthier working environments. <https://www.ilo.org/publications/call-safer-and-healthier-working-environments>, Erişim tarihi: 04.04.2024
- ILO (2023). ILOSTAT database description Occupational Safety and Health Statistics (OSH database) <https://ilostat.ilo.org/methods/concepts-and-definitions/description-occupational-safety-and-health-statistics/>, Erişim tarihi: 06.07.2024
- Koch, R. (2007). The 80/20 Principle: The Secret of Achieving More with Less, Nicholas Brealey publishing Lt., ISBN 10: 1857883993/ ISBN 13: 9781857883992
- Koustellis, J.D., Halevidis, C.D., Polykrati, A.D. & Bourkas, P.D. (2013). Analysis of a Fatal Electrical Injury due to Improper Switch Operation. *Safety Science*. Volume 53, 226–232.
- Niehaus, S., Hartwig, M., Rosen, P.H. & Wischniewski, S. (2022). An Occupational Safety and Health Perspective on Human in Control and AI. *Front Artif Intell.* 2022;5:868382. Doi: 10.3389/frai.2022.868382.
- OECD (2019): AI Principles Overview. <https://oecd.ai/en/wonk/a-first-look-at-the-oecd-framework-for-the-classification-of-ai-systems-for-policymakers>, Erişim Tarihi: 07.08.2024
- Pavelko, J. (2024). Integrating Technology in Workplace Safety: The Role of AI and IoT. <https://ohsonline.com/Articles/2024/07/17/Integrating-Technology-in-Workplace-Safety-The-Role-of-AI-and-IoT.aspx>, Erişim Tarihi: 01.08.2024
- Polat, Y. (2021). Hastane Öncesi Acil Sağlık Hizmetlerinde Elektrik Çarpması Vakasının Acil Bakım ve İş Sağlığı Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. *Paramedik ve Acil sağlık Hizmetleri Dergisi*. Cilt: 2 Sayı: 1, 5 - 11
- Takala, J., Hämäläinen, P., Sauni, R., Nygård, C., Gagliardi, D. & Neupane, S. (2024). Global-, Regional- And Country-Level Estimates of The

Work-Related Burden of Diseases and Accidents in 2019. (2024) *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, Mar 1;50(2):73-82. Print ISSN: 0355-3140 Electronic ISSN: 1795-990X.

Tan, O. & İnci, N. (2015). Elektrik Kaynaklı İş Kazalarının Ekonomik Boyutu. <http://www.oktaytan.net/MAKALE/ELEKTRiK-KAYNAKLI-KAZALARIN-MALiyETLERi.pdf>, Erişim tarihi: 18,06,2023.

TREDAŞ (2023). Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası "Sürdürülebilirlik Projeleri Altın Derece Ödülü". <https://tredas.com.tr/icerik/ebrd-surdurulebilirlik-projeleri-altin-derece-odulu-222>, (Erişim tarihi: 11.06.2024)

UN (2023). 17 Goals to Transform Our World. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>, United Nations, Erişim Tarihi: 23.10.2023

UNDP (2017). The Sustainable Development Goals, UN/Department of Public Information, ISBN 9789211013696, PDF ISBN 9789213625125 United Nations Publications 300 East 42nd Street, New York, New York 10017, United States of America.

Uzunlar, M.J. & Widlund, J, (2024). How AI can be used for OSHA Regulations. <https://civils.ai/blog/ai-for-osh-regulations>, Erişim Tarihi: 01.08.2024

WHO (2009). The Conceptual Framework for the International Classification for Patient Safety, Final Technical Report https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/70882/WHO_IER_PSP_2010.2_eng.pdf?sequence=1, Erişim Tarihi: 17.08.2023

Warrick, B.L (2024), The Role of Artificial Intelligence in Occupational Safety and Health Practices (OSH). USF Health, University of South Florida <https://www.usf.edu/health/public-health/news/2024/ai-in-osh-practices.aspx>, Erişim Tarihi: 11.06.2024