

REVOLUTIONIZING CONSTRUCTION SAFETY: OHS RISK ANALYSIS PROGRAM BASED ON PAST WORKPLACE ACCIDENT DATA DRIVEN BY RANDOM FOREST

Çağdaş Aydın

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa, İstanbul
cagdas1999pl@hotmail.com, ORCID No: 0009-0002-1310-6907

Doç. Dr. Kerim Koç

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa, İstanbul
kerimkoc@yildiz.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-6865-804X

ABSTRACT

Occupational incidents, which may result in death or cause lasting harm to an individual's physical or mental integrity, occur due to unforeseen events at the workplace and are typically linked to the inherent hazards and negligence commonly present in the work. This study focuses on occupational accidents in the high-risk construction industry and emphasizes the significance of proactively identifying potential risks and determining appropriate interventions. A dataset of 65,000 work accidents in Turkey was analysed using the Random Forest Machine Learning technique, calculating risk factors related to personal characteristics, the work environment, machinery utilized, injured body regions, and injury types. The obtained risk coefficients were integrated into the developed Occupational Health and Safety (OHS) Risk Analysis program, which provided comprehensive risk analysis covering both personal and workplace aspects. This program delivers comprehensive quantitative and qualitative outcomes regarding which part of the body and how an accident might occur, using scenarios derived from a thorough analysis of all hazardous machines in the workplace to identify potential hazards in the working environment when proper precautions are absent, incorporating the nine highest-risk scenarios for each machine. In the process of developing the scenarios, the o3 and o1 models from the AI-driven ChatGPT program, known for their highest accuracy rates, were utilized, which increased the reliability of the scenarios and outcomes. Following the risk assessment, the program presents the total risk score and body-region-specific risk levels as probability percentages while also providing users with risk mitigation strategies, preventive measures, and potential repercussions of non-compliance to enhance workplace safety and reduce individual hazards. Initially implemented in the construction sector, the developed system has the scalability to be adapted across various industries, including manufacturing, healthcare, corporate environments, transportation and warehousing.

(This study is derived from an unpublished master's thesis conducted at the Institute of Science of Yıldız Technical University.)

Keywords: Occupational Accident Risk Analysis, Occupational Health and Safety (OHS), Machine Learning, Random Forest, Construction safety

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE İŞ KAZASI RİSK ANALİZİNDE MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİYLE GELİŞTİRİLEN PROGRAM MODELİ

ÖZET

İş kazaları, iş yerinde beklenmedik durumlar sonucu meydana gelen ve ölümle sonuçlanabilen ya da bireyin fiziksel/zihinsel bütünlüğünü kalıcı olarak bozabilen olaylardır. Bu tür kazalar, genellikle işin doğasında bulunan tehlikeler ve ihmallerle ilişkilendirilmektedir. Bu çalışma, özellikle yüksek risk barındıran inşaat sektöründeki iş kazalarına odaklanarak, potansiyel tehlikelerin proaktif bir yaklaşımla önceden belirlenmesi ve uygun müdahalelerin tespit edilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Türkiye’de meydana gelen 65.000 iş kazası verisi, Random Forest adlı makine öğrenme yöntemiyle analiz edilmiş; bu analizde riski etkileyen kişisel faktörler, çalışma alanı, kullanılan makine, yara bölgesi ve yara türüne ilişkin risk katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen risk katsayıları, geliştirilen İSG Risk Analiz programında, kullanıcının tercihleri doğrultusunda sunulan sonuçlarla entegre edilerek hem kişisel hem de çalışma alanına ilişkin kapsamlı bir risk analizi oluşturulmasını sağlamıştır. Geliştirilen program, çalışma ortamında risk oluşturabilecek durumları önceden tespit etmek amacıyla geliştirilen senaryolar üzerinden, önlem alınmaması halinde kazanın vücudun hangi bölgesinde ve nasıl meydana gelebileceğine dair geniş çaplı sayısal ve sözel sonuçlar sunmaktadır. Ayrıca, programın geliştirilmesi sürecinde, çalışma alanında kullanılan tüm riskli makinelerin potansiyel sorun yaratabilecek unsurları detaylı şekilde analiz edilmiştir. Her makine için, en yüksek risk düzeyine sahip dokuz senaryo dikkate alınmıştır. Senaryoların oluşturulması aşamasında, yapay zekâ temelli ChatGPT programındaki en yüksek doğruluk oranına sahip o3 ve o1 modelleri kullanılmış, elde edilen senaryolar ve sonuçların güvenilirliği artırılmıştır. Risk analizi sonucunda, program, kullanıcının seçimlerine ve ilgili senaryoların değerlendirilmesine bağlı olarak genel risk ile vücut bölgelerine özgü risk analiz sonuçlarını yüzde olarak sunmaktadır. Son olarak, tespit edilen risklerin azaltılmasına yönelik ayrıntılı açıklamalar, alınması gereken önlemler ve bu önlemlerin ihmal edilmesinin muhtemel sonuçları kullanıcıya sunulurken hem bireysel hem de çalışma ortamı risklerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Geliştirilen program, başlangıçta inşaat sektöründe etkin bir şekilde kullanılabilecek olmasının yanı sıra, sanayi, sağlık, ofis, taşıma ve depolama gibi diğer sektörlerde de uyarlanabilme potansiyeline sahiptir.

(Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde gerçekleştirilen yayınlanmamış yüksek lisans tezinden üretilmiştir.)

Anahtar Kelimeler: İş Kazası Risk Analizi, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), Makine Öğrenmesi, Random Forest, İnşaat Güvenliği.

GİRİŞ

İş kazaları, çalışma ortamlarında beklenmedik şekilde ortaya çıkan, ölüm veya bireyin fiziksel ve zihinsel sağlığında kalıcı hasar yaratabilen olaylardır. Bu tür kazalar, genellikle işin doğasından kaynaklanan tehlikeler ve ihmaller nedeniyle oluşmaktadır (Bilir, 2004). İş kazaları hemen her sektörde görülse de özellikle yüksek risk içeren inşaat sektöründe daha sık ve ciddi sonuçlarla karşılaşmaktadır. İşverenlerin ve yüklenicilerin güvenlik önlemlerini tam olarak uygulamaması, şantiyelerde ciddi yaralanma ve ölüm riskini artırmaktadır (Liebing, 2001). Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) raporuna göre, inşaat sektörü, diğer sektörler göre ölümcül iş kazası riski açısından gelişmiş ülkelerde 3-4 kat, gelişmekte olan ülkelerde ise 3-6 kat daha fazla risk taşımaktadır (ILO, 2020). Bu nedenle, iş kazalarını önlemeye yönelik proaktif bir yaklaşım benimseyerek, potansiyel risklerin önceden tespit edilip gerekli müdahalelerin uygulanması kritik öneme sahiptir (Bingöl, 2018).

Şantiyelerde sürdürülebilir ve sistematik bir iyileşme sağlanabilmesi için, güvenlik kültürünün kurumsal düzeyde yerleşmesi ve önleyici stratejilerin geliştirilmesi temel bir gerekliliktir (Karadağ, 2018). Bu doğrultuda benimsenen proaktif yaklaşım, potansiyel kazaların meydana gelmeden önce engellenmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla, iş sahalarında kapsamlı risk analizlerinin yapılması; olası tehlikelerin, doğurabilecekleri kaza sonuçlarına göre derecelendirilerek, her biri için uygun önleyici adımların planlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Bingöl, 2018). Kaza gerçekleşmeden önce alınan önlemler, yalnızca uygulama açısından daha kolay olmakla kalmaz; aynı zamanda olay sonrası karşılaşılabilecek tazminat yükleri ve üretim kesintileriyle karşılaştırıldığında çok daha ekonomik çözümler sunar. (Altan ve Hartavi, 2023)

İnşaat sektöründe iş kazalarını en aza indirmek ve iş sağlığı-güvenliği (İSG) bilincini kalıcı biçimde yükseltmek temel hedeftir. İş göremezlik sürelerini azaltmaya dönük önlemler, yalnızca çalışan ve işveren düzeyinde değil, sektör ile toplum genelinde hissedilen ekonomik ve sosyal yükü de hafifletmektedir. Dodge Data & Analytics'in 2021 tarihli SmartMarket Raporu, kapsamlı güvenlik programlarını devreye alan yüklenicilerde kaydedilebilir yaralanma oranlarının %73 azaldığını, sigorta koşullarının ise %78 oranında iyileştiğini göstererek güvenliğe yapılan yatırımın hem insanî hem de mali getiriler sağladığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, AB uyum sürecinde sıkılaştırılan denetimler ve kişisel koruyucu donanım zorunluluğu, 2004-2010 arasında inşaat sektöründeki yıllık kaza sayısını 8,106'dan 6,437'ye düşürerek %21'lik bir azalma sağlamış ve önleyici tedbirlerin etkinliğini SGK verileriyle doğrulamıştır (Ceylan, 2014).

Bu tez çalışmasının amacı, inşaat sektöründe meydana gelebilecek iş kazalarını azaltmak için kapsamlı bir risk analiz programı geliştirmektir. Bu doğrultuda Türkiye'de gerçekleşmiş 65.000 iş kazası verisi, makine öğrenmesi (ML) yöntemlerinden Random Forest (RF) modeliyle analiz edilerek, risk katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen İSG programına entegre edilerek kullanıcı tercihlerine dayalı kişiselleştirilmiş risk analizlerinin yapılması sağlanmaktadır. Program kullanıcıya, çalışma alanına ve kullanılan makineler göre olası riskleri belirleyip, genel risk düzeyinin yanı sıra vücut bölgelerine özel risk değerlendirmesi yapma olanağı sunmaktadır. Ayrıca tespit edilen risklerin azaltılması için alınması gereken önlemler ve bu önlemlerin ihmal edilmesi halinde oluşabilecek muhtemel sonuçlar da detaylı açıklamalar şeklinde programa dahil edilmiştir. Böylece inşaat sektöründeki iş kazalarının önlenmesi, çalışanların güvenliği ve sektördeki ekonomik ve sosyal yüklerin azaltılması hedeflenmektedir.

LİTERATÜR TARAMASI

Son yıllarda yapılan çok sayıda çalışma, inşaat sektöründe iş güvenliğini geliştirmek için kazalarla ilişkili çeşitli sayısal göstergelerin önceden belirlenmesine odaklanmıştır. Bu tür çalışmalarda, çoğunlukla ulusal kurumlar tarafından hazırlanan istatistik raporları ile çeşitli inşaat firmalarına ait proje sahalarından elde edilen verilerden oluşan geniş kapsamlı veri tabanları kullanılmaktadır. Bu doğrultuda hazırlanan mevcut çalışma, literatürdeki önemli bir boşluğu gidermek amacıyla farklı yeniden örnekleme yöntemlerini, çeşitli makine öğrenmesi (ML) algoritmalarıyla bir araya getirerek, senaryo bazlı detaylı analizler sunmaktadır. Böylece, iş kazalarının tahmin edilmesinde hangi hibrit yöntemin en yüksek doğruluğa sahip olduğunu belirleyerek, araştırmacılara ve sektör uygulayıcılarına önemli ve yol gösterici sonuçlar sağlamaktadır (Koç, Ekmekçioğlu ve Gürgün, 2023).

İnşaat sektöründe, yaralanmaya en açık vücut bölgelerinin belirlenmesi, yalnızca iş gücü kayıplarını azaltmak için değil, aynı zamanda kazaların ekonomik ve toplumsal maliyetlerini hafifletmek açısından da kritik bir önem taşımaktadır. Daha önce yapılan araştırmalar, yaralanmalardan kaynaklanan ekonomik kayıpların, yaralanan vücut bölgesine göre önemli derecede farklılık gösterebildiğini ortaya koymuştur (Alizadeh vd., 2015).

İş güvenliğine yönelik proaktif yaklaşımlar kapsamında, çalışma alanlarının taşıdığı risk düzeyine göre "Yüksek", "Orta" ve "Düşük" şeklinde kategorize edilmesi önerilmiştir. Bu sınıflandırma, bireysel riskleri sayısal göstergeler üzerinden görünür kılmakta ve çalışanların güvenlik konusundaki farkındalıklarını artırmayı amaçlamaktadır (Sarkar, 2020). Ramaswamy ve Mosher (2018) ise geliştirdikleri model aracılığıyla hangi tür kazaların hangi yaralanmalara yol açma olasılığının daha yüksek olduğunu tahmin etmeye çalışmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar, en sık görülen yaralanmaların üst uzuvlarda (%25) ve alt uzuvlarda (%23) gerçekleştiğini; baş ve boyun bölgesindeki yaralanmaların ise ölümcül sonuçlar doğurma ihtimalinin diğerlerine göre daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Chen (2017) tarafından yürütülen başka bir çalışma, inşaat sektöründeki iş kazalarının neredeyse yarısının yüksekte düşme sonucu gerçekleştiğini tespit etmiştir. Farklı analitik yöntemler kullanarak geçmiş kaza verilerini değerlendiren bu araştırmaların ortak amacı, gelecekteki kazaların önlenmesi için etkin ve uygulamaya dönük risk analizleri geliştirmektir. Tixier (2016) tarafından gerçekleştirilen araştırmada ise, ML yöntemleri kullanılarak milyonlarca saatlik iş verisi incelenmiş ve böylece alana büyük ölçekli, objektif ve güvenilir sonuçlarla katkı sağlanmıştır.

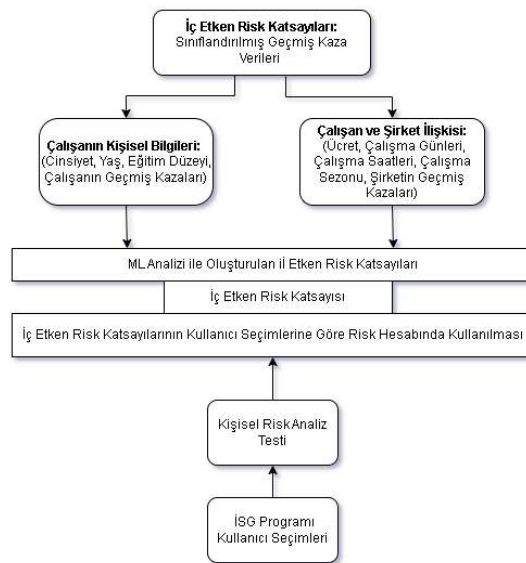
YÖNTEM

ISO 8402'ye göre risk, belirli bir tehlikenin gerçekleşme olasılığına (tekrarlanma sıklığı) ek olarak, olası gerçekleşmenin yol açacağı sonuçların birlikte değerlendirilmesiyle tanımlanır. Ayrıca, Baradan ve Usmen'in çalışmasında (2006), geçmiş araştırmalarda risk değerlendirmelerinin yalnızca olayların sıklığı veya gerçekleşme ihtimali üzerinden değil de bunlara ek olarak, kazaların olası şiddet düzeylerini de içeren daha kapsamlı bir analiz yaklaşımı önermektedir. Bu bağlamda, risk etki derecesi olarak bir parametre olabilecek "İş göremezlik" kavramı, sigortalı çalışanın hastalık, iş kazası ya da doğum gibi sebeplerden dolayı Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından yetkilendirilmiş doktor ya da sağlık kurulunca belirlenen istirahat süresi boyunca geçici olarak çalışamama durumunu ifade eder (Güneş ve Erol, 2022). İş göremezlik sürelerinin ve buna bağlı ödemelerin doğru hesaplanabilmesi için çalışanların yaş, deneyim ve maruz kaldıkları kazaların özellikleri gibi geçmiş verilerin detaylı olarak analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır (Ramaswamy ve Mosher, 2018). Bu çerçevede, Sosyal

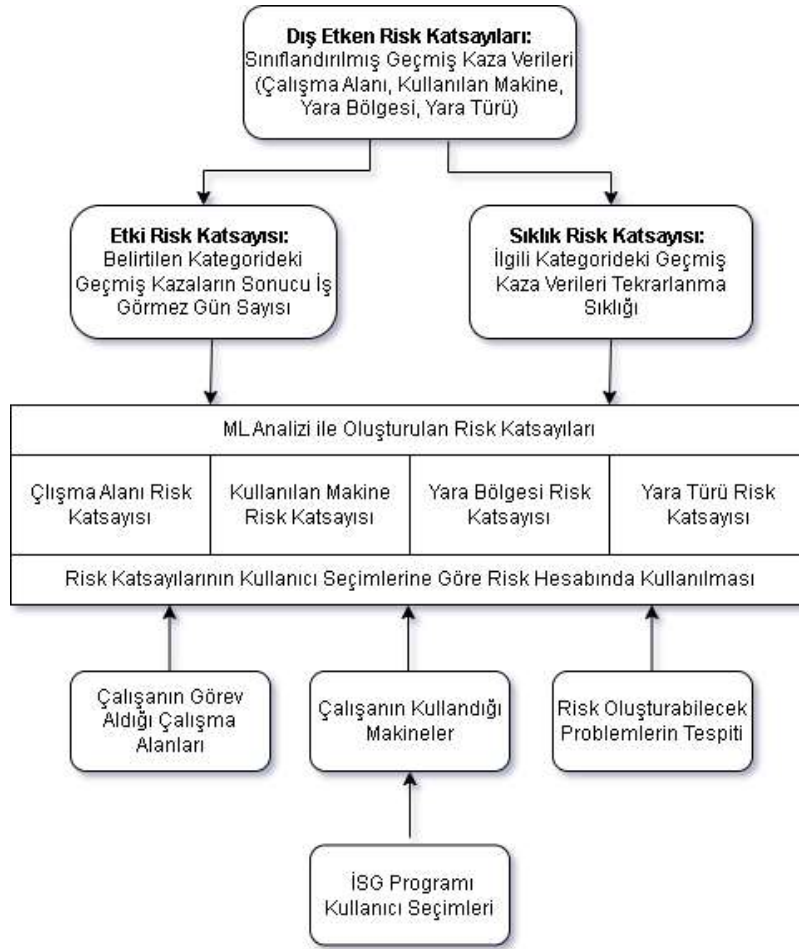
Güvenlik Kurumu’nun sağladığı geçmiş kaza kayıtlarındaki iş göremezlik süreleri ve yapılan ödemeler temel alınarak; çalışma alanı, kullanılan makineler, yaralanan vücut bölgeleri ve yara tipleri gibi çeşitli kriterlere göre sınıflandırılan bir “Etki Risk Katsayısı” modelinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

İstenilen risk analiz doğruluk oranını sağlayabilecek bir analiz programını oluştururken öncesinde seçilmesi gereken ML yöntemi seçimi için, literatürdeki çalışmaların bu alandaki bulgularından yararlanmak en ideal ML yöntemi belirlenecektir. Koç (2021), ağaç tabanlı topluluk yöntemlerini kullanarak benzer bir tahmin modeli geliştirmiş; sonuç olarak Random Forest (RF) algoritmasının diğer yöntemlere göre daha yüksek performans sağladığını tespit etmiştir. Choi vd. (2020) de RF yöntemi ile gerçekleştirdikleri analizlerinde %91,98 gibi yüksek bir doğruluk oranı elde etmiş ve ay, işyeri büyüklüğü, çalışanların yaşı, gün ve çalışma süresi gibi faktörlerin ölümcül kazaların tahmin edilmesinde önemli etkileri olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlardan hareketle, bu çalışmada da risk katsayılarını belirlemek için RF algoritması tercih edilmiştir. “Etki Risk Katsayısı” verileri hazırlanan bu model sonucunda elde edilmesi, analiz hesabının doğruluğunu arttırarak literatüre bir yenilik getirmesi hedeflenmiştir.

HSE’nin 1999 tarihli terimler sözlüğüne göre kaza sıklık oranı, bir takvim yılı içinde meydana gelen tüm yaralanma olaylarının toplamının, o yıl içindeki toplam çalışma saatine bölünmesi ve sonucun 1×10^6 (1.106) ile çarpılmasıyla hesaplanan bir göstergedir (Balcı vd., 2013). Bu çalışmada kullanılan “Sıklık Risk Katsayısı” ise Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından sağlanan geçmiş kaza verilerinden elde edilerek aynı kategoride gruplanan olayların belirtilen dönemdeki tekrar sayılarından hesaplanmıştır. Elde edilen “Etki Risk Katsayısı” ve “Sıklık Risk Katsayısı” verilerinin çarpımı ile “Risk Katsayısı” verileri çalışma alanı, kullanılan makine, yara bölgesi ve yara türüne özgü elde edilmiştir. Bütün Risk Katsayısı verilerinin geometrik ortalaması alınarak da “Toplam Risk Katsayısı” verisi elde edilmiştir. İç ve Dış faktörler olarak ayrıntılı bir şekilde risk etmenlerinin incelendiği bu çalışmada, etki ve sıklık katsayıları iç (kişisel risk etmenleri) ve dış faktörler (çalışma ortamı risk etmenleri) olarak iki farklı şekilde elde edilmiştir. (Figür 1 ve 2)



Figür 1. İç Faktörler için Risk Katsayılarının Elde Edilmesi ve İSG Programında Kullanılması



Figür 2. Dış Faktörler için Risk Katsayılarının Elde Edilmesi ve İSG Programında Kullanılması

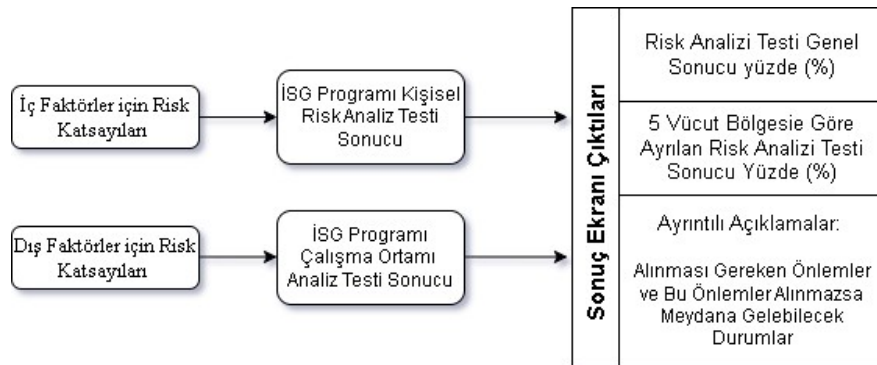
Tez çalışması kapsamında SGK'dan alınan kaza verileri, çalışma alanı, kullanılan makine türü, yaralanan vücut bölgeleri ve yara türlerine göre analiz edilerek ayrıntılı risk katsayıları hesaplanmış ve böylece sistematik bir nicel risk değerlendirme altyapısı oluşturulmuştur. Çalışma alanlarına ait risk katsayıları doğrudan ilgili alandaki geçmiş kazalardan elde edilirken, makinelerle ilişkili risk katsayıları da o çalışma sahasında kullanılan ekipmanlardan türetilmiştir. Yaralanan vücut bölgeleri ve yara türlerine ait katsayılar ise, çalışma alanı ve kullanılan makineler dikkate alınarak hazırlanan dokuz farklı yüksek-risk senaryosu üzerinden belirlenmiştir. Bu senaryoların seçimi sırasında, ilgili makinelerin oluşturabileceği potansiyel riskler detaylı bir şekilde incelenmiş, senaryo geliştirme sürecinde yüksek doğruluk sağlayan o3 ve o1 modelleri kullanılarak ChatGPT desteğinden faydalanılmıştır. (Formül 1)

$$\text{Toplam Risk Katsayısı Formülü} = \sqrt[4]{(E_{yt} * S_{yt}) * (E_o * S_o) * (E_m * S_m) * (E_{ca} * S_{ca})}$$

Formül Değişkeni Değer Tablosu	Etki (E)	Sıklık (S)
Yara Türü (yt)	E_{yt}	S_{yt}
Organ (o)	E_o	S_o
Makine (m)	E_m	S_m
Çalışma Alanı (ca)	E_{ca}	S_{ca}

Formül 1. *Toplam Risk Katsayısı Formülü ve Değişken Değer Tablosu*

Belirlenen risk katsayıları sayısal formüller aracılığıyla dönüştürülerek “dış etken verisi” oluşturulmuş; ayrıca İSG programı kapsamında uygulanan kişisel risk analizleri sonuçları, işyeri kaynaklı risk faktörlerinin tespit edilmesinde değerlendirilmiştir. Kullanıcıya sunulan sonuçlar üç başlık altında gruplandırılmıştır: (i) çalışma alanının genel risk seviyesi yüzdesi, (ii) dört temel vücut bölgesi için hesaplanan ayrı ayrı risk yüzdeleri ve (iii) belirlenen her bir risk türü için önerilen önlemler ve bu önlemlerin alınmaması durumunda karşılaşılabilecek sonuçları detaylandıran açıklayıcı metinlerdir (Bkz. Figür 3).



Figür 3. ISG Programı Uygulama ve Sonuç Ekranı Çıktıları

Oluşturulan bu model, risk değerlendirme süreçlerinin duyarlılığını artırarak, proaktif güvenlik yönetimine yönelik karar alma süreçleri için sağlam ve objektif bir zemin oluşturacaktır. Çok boyutlu veri setleri, veri madenciliği ve tahmin modelleri için son derece uygun olup, inşaat sektöründeki güvenlik risklerini etkileyen faktörlerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Uygulamada karar vericiler sıklıkla deneyimli güvenlik uzmanlarının görüşlerine başvurursa da uzmanların bile saha deneyimlerinin sınırlı olması sebebiyle belirsizlik durumlarında bazı bilişsel yanılgılar yaşayabileceği bilinmektedir (Tixier vd., 2016). Geleneksel inşaat güvenliği çalışmaları ise çoğunlukla görevlerin birbirinden bağımsız olduğunu varsayarak, uzman değerlendirmeleri ya da derlenmiş ikincil verilere dayalı yöntemler kullandığından, yöntemsel açıdan kısıtlılıklar taşımaktadır (Esmaceli & Hallowell, 2012). Dolayısıyla, model oluşturmanın ilk aşaması olan veri ön işleme süreci büyük önem kazanmaktadır. Çok aşamalı veri ön işleme yöntemlerini içeren bütünsel bir özellik mühendisliği yaklaşımı, çalışan güvenliğine yönelik tahmin modellerinin doğruluğunu artırmayı amaçlamaktadır (Koç vd., 2021). Bu bulgulardan yararlanarak, iş güvenlik

uzmanlarının eksikliğini kapatabilecek ve onların daha doğru kararlar almasına, önceden risk analiz tespitini yaparak yardımcı olabilecektir.

BULGULAR

Bu çalışmada, “çalışma alanları” başlığı altında; konut projeleri inşaatı, sanayi yapıları inşaatı, barajlar ve su yapıları inşaatı, elektrik ve telekom işlerini kapsayan inşaat projeleri, çevre düzenlemeleri, genel yıkım işleri, yapı malzemeleri imalatı, karayolları ve demiryolları, yapısal işler ve yeraltı çalışmaları gibi farklı iş kollarında çalışan işçilerin İSG uygulamasını kullanmaları sağlanmıştır. Bu süreçte elde edilen veriler; uygulamanın işlevselliğini, çalışanların deneyimlerini ve eksik yönlerini belirleyebilmek amacıyla analiz edilmiştir.

İSG programı, kullanıcının risk analizini iki temel faktöre dayandırmaktadır: iç ve dış etkenler. Programın ilk aşamasında, Geçmiş iş kazalarından elde edilen risk analiz verileri baz alınarak oluşturulan Kişisel Risk Analiz Testi uygulanmaktadır. Bu test, bireyin risk profili hakkında ayrıntılı bilgi sunarak, iç faktörlerin değerlendirilmesini sağlamaktadır. (Figür 3)

Geçmişte iş yerinde kaç kaza yaşadınız?	Şirkette geçmişte yaşanan kaza sayısı nedir?	Yaş aralığınız nedir?
0	1	<20
1	2-3	20-29
2-3	4-9	30-39
≥4	10-99	40-49
	≥100	≥50

Günlük ücret aralığınız nedir?	Eğitim seviyeniz nedir?	Çalışma günleriniz hangisi?
<50	Okuma yazma bilmiyorum	sadece hafta içi
50-74.99	İlkokul mezunu	hafta içi ve Cumartesi
75-149.99	Ortaokul mezunu	hafta içi ve Pazar
≥150	Lise mezunu	
	Üniversite veya üzeri	

Cinsiyetiniz nedir?	Çalışma saatleriniz hangisi?	Çalışma mevsiminiz hangisi?
Erkek	08.00 - 16.00 arası	kış
Kadın	16.00 - 00.00 arası	ilk bahar
	00.00 - 08.00 arası	yaz
		son bahar

Figür 4. İSG Programı Kişisel Risk Analiz Testi Örnek Soruları

Programın ikinci aşamasında ise, risk analiz sonuçlarını etkileyen dış faktörlere odaklanılmaktadır. Bu kapsamda, kullanıcının çalışma alanı ile ilgili detaylı sorular sorulmaktadır. İSG Programı kapsamında yapılan kullanıcı seçimleriyle eşleştirilen risk

katsayıları, sayısal formüller aracılığıyla değerlendirilmekte ve dış etkenlerin risk üzerindeki etkisi objektif olarak ortaya konulmaktadır. (Figür 4 ve 5)

Devamında, bu alanda kullanılan makinelerle ilgili sorular sorularak, makine risk katsayıları belirlenmektedir. Kullanıcının, İSG riski oluşturabilecek makinelerle ilgili deneyimlerini değerlendirmesi amacıyla 9 sorudan oluşan bir anket sayfası sunulmaktadır. Kullanıcı, bu sorularda problemleri gördüğü maddeleri işaretleyerek ister ek makine seçimi yapabilir ister mevcut seçimini tamamlayarak risk analiz testinin nihai sonucuna ulaşabilir. (Figür 6)

Figür 5. İSG Programı Çalışma Alanı Seçimi

Figür 6. İSG Programı İlgili Çalışma Alanında Kullanılan Makineler Seçimi

Freze Makinesi seçildi. Lütfen soruları seçin.
(Bu Makinenin Kullanımında Size Risk Oluşturabilecek Gördüğünüz Problemleri İşaretleyiniz)

Bağlantı elemanlarında deformasyon veya gevşeme tespit ediliyor mu?
Elektrik bağlantılarında gevşeme veya kısa devre riski mevcut mu?
Freze diskinde aşınma, kırılma veya dengesizlik tespit ediliyor mu?
Kesme mekanizmasında mekanik uyumsuzluk veya titreşim var mı?
Kontrol ünitesinde hata kodları veya iletişim aksaklıkları raporlanıyor mu?
Motor performansında ani ısınma veya verim düşüklüğü gözlemleniyor mu?
Operasyon sırasında oluşan titreşimlerin yüzey düzleştirme performansına etkisi inceleniyor mu?
Sensör verilerinde tutarsızlık veya gecikme yaşanıyor mu?
Sistem entegrasyonunda tüm bileşenlerin uyumlu çalıştığı düzenli kontrol ediliyor mu?

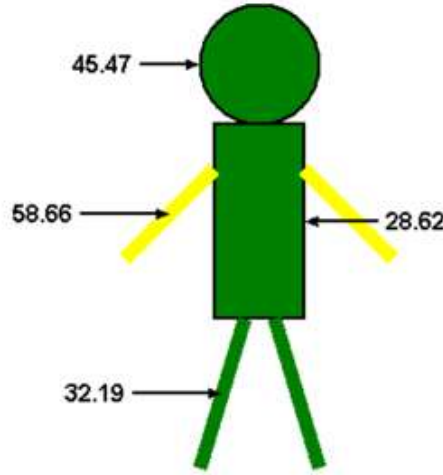
Figür 7. İSG Programında Risk Oluşturabilecek Durumların Seçimi

Sonuç olarak, elde edilen risk analiz testi sonucunda kullanıcı, genel risk oranını yüzde olarak görmekte ve ayrıca organ bazında (dört ayrı vücut bölgesi) oluşturulan risk analiz sonuçlarını görsel olarak inceleyebilmektedir (Figür7 ve 8). Sistem, kapsamlı açıklamalar ve riski önlemek için alınması gereken önlemlerle ilgili bilgilendirme metinleri sunarak, kullanıcının iş güvenliği riskini azaltmaya yönelik bilinçli adımlar atmasına olanak tanımaktadır. (Figür 9)



Figür 8. SG Programında Risk Analizi Genel Sonuç Ekranı

Görsel Sonuç Ekranı



Figür 9. İSG Programında Risk Analizi Görsel Sonuç Ekranı

Açıklama Ekranı

Bağlantı elemanlarındaki deformasyon, kol kaslarında aşırı zorlanmaya neden olabilir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, çalışanların kollarında kas zorlanması meydana gelebilir. Hukuksal bağlamda haklarınızı savunmak için inceleyebilirsiniz: 6331 Sayılı İSG Kanunu Madde 5

Gelişen gevşemeler, ellerde yorgunluk ve zorlanma oluşturabilir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, çalışanların ellerinde uzun süreli kas yorgunluğu ve güç kaybı oluşabilir. Hukuksal bağlamda haklarınızı savunmak için inceleyebilirsiniz: 6331 Sayılı İSG Kanunu Madde 5

Bağlantı Elemanları Kontrolü : Bağlantı elemanlarındaki hatalar, görsel odaklanmayı zorlaştırabilir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, çalışanların gözlerinde odak kaybı ve görme bozuklukları meydana gelebilir. Hukuksal bağlamda haklarınızı savunmak için inceleyebilirsiniz: 6331 Sayılı İSG Kanunu Madde 5

Kesme mekanizmasındaki uyumsuzluklar, kol kaslarını zorlar. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, çalışanların kollarında kas zorlanması oluşabilir. Hukuksal bağlamda haklarınızı savunmak için inceleyebilirsiniz: 6331 Sayılı İSG Kanunu Madde 5

Titreşimler, el yaralanması riskini artırabilir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, çalışanların ellerinde titreşime bağlı kas yorgunluğu ve uyuşma görülebilir. Hukuksal bağlamda haklarınızı savunmak için inceleyebilirsiniz: 6331 Sayılı İSG Kanunu Madde 5

Mekanik Uyumluluk : Mekanik uyumsuzluklar, belde zorlanmalara sebep olabilir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, çalışanların bel kaslarında kronik ağrılar oluşabilir. Hukuksal bağlamda haklarınızı savunmak için inceleyebilirsiniz: 6331 Sayılı İSG Kanunu Madde 5

Figür 10. İSG Programında Risk Analizi Sonucu Açıklama ve Öneri Sayfası

TARTIŞMA VE SONUÇ

Program, çalışma alanları ve risk yaratabilecek senaryoları değerlendirerek, genel ve vücut bölgelerine özgü risk oranlarını ortaya koymaktadır. Ayrıca, tespit edilen risklerin azaltılmasına yönelik ayrıntılı açıklamalar, alınması gereken önlemler ve bu önlemlerin ihmal edilmesinin olası sonuçları kullanıcıya sunulmaktadır. Geliştirilen İSG uygulaması hâlihazırda inşaat sektörü için kullanılabilir durumdadır. İlerleyen aşamalarda, sanayi, taşıma & depolama ve ofis gibi diğer sektörlerle de uyarlanması planlanmaktadır. Uygulamayı kullananlar, çalışma alanlarındaki İSG açısından risk seviyelerini tespit edebilir; riski düşürebilecek önlemleri öğrenerek gereken aksiyonları alabilir; aksi takdirde meydana gelebilecek olası senaryolara dair bilgi sahibi olabilirler. Bu sayede, kurumsal ve bireysel düzeyde iş sağlığı ve güvenliği farkındalığının artırılması ve kaza risklerinin azaltılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- Bilir, N. (2004). İş Sağlığı ve Güvenliği. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 247-262.
- Bingöl, N. (2018). Yapı işlerinde iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılmasında eğitimin yeri ve önemi. OHS ACADEMY, 1(1), 24-49.
- Liebing, R. (2001). The players in construction. The construction industry—Processes, players, and practices. Prentice-Hall, Upper Saddle River N.J., 10–25.
- Safety, I. L. O. (2020). Health in the Construction Sector—Overcoming the Challenges. International Labor Organization: Cenevre, İsviçre.
- Adeyemi, H. O., Adejuyigbe, S. B., Ismaila, S. O., & Adekoya, A. F. (2015). Low back pain assessment application for construction workers. Journal of Engineering, Design and Technology, 13, 419–434.
- Baradan, S., & Usmen, M. A. (2006). Comparative injury and fatality risk analysis of building trades Journal of construction engineering and management, 132(5), 533-539.
- Sarkar, S., Pramanik, A., Maiti, J., & Reniers, G. (2020). Predicting and analyzing injury severity: A machine learning-based approach using class-imbalanced proactive and reactive data. Safety Science, 125, 104616.
- Ramaswamy, S.K., & Mosher, G.A. (2018). Using workers' compensation claims data to characterize occupational injuries in the biofuels industry. Safety Science, 103, 352–360.
- Chen, Y., McCabe, B., & Hyatt, D. (2017). Impact of individual resilience and safety climate on safety performance and psychological stress of construction workers: a case study of the Ontario construction industry. Journal of Safety Research, 61, 167–176.
- Tixier, A. J. P., Hallowell, M. R., Rajagopalan, B., & Bowman, D. (2016). Application of machine learning to construction injury prediction. Automation in Construction, 69, 102–114.
- İnce, E. (2019). İş Sağlığı ve Güvenliği Fayda - Maliyet Analizi Proje Raporu. isgkutuphanesi, Article 754082. [https://www.isgkutuphanesi.com/tr/details/is-sagligi-ve-guvenligi-fayda-maliyet-analizi-proje-raporu-4192.html]
- Güneş, C., & Erol, E. O. (2022, January 21). İş Göremezlik Nedir? Geçici İş Göremezlik Ödeneği (Rapor Parası) Hangi Şartlarda Verilir? [https://www.cottgroup.com/en/blog/item/is-goremezlik-nedir-gecici-is-goremezlik-odenegi-rapor-parasi-hangi-sartlarda-verilir]
- Esmaili, B., & Hallowell, M. (2012, May). Attribute-based risk model for measuring safety risk of struck-by accidents. In Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World (pp. 289-298).
- Koc, K., Ekmekcioğlu, Ö., & Gurgun, A. P. (2021). Integrating feature engineering, genetic algorithm and tree-based machine learning methods to predict the post-accident disability status of construction workers. Automation in Construction, 131, 103896.
- Choi, J., Gu, B., Chin, S., & Lee, J. S. (2020). Machine learning predictive model based on national data for fatal accidents of construction workers. Automation in Construction, 110, 102974.
- Balcı, B., Balcı, Ö., Taçkın, E., & Yerden, E. A. (2013). İş Kazalarında Mali Kayıplar. İstanbul Sosyal Bilimler Dergisi, 72-74.
- ISO 8402 Standardı.
- Karadağ, T., & Kepekli, T. A. (2018). İnşaat sektöründe yaşanan iş kazaları ve kaza nedenleri. Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(2), 314-322.
- ALTAN, M. F., & HARTAVİ, D. (2023). İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE PROJE

- FİNANSMANI. TAS Journal, 3(3), 01-10.
- Dodge Data & Analytics. (2021). Safety management in the construction industry: 2021 SmartMarket report (5th ed.). CPWR — The Center for Construction Research and Training.
- Ceylan, H. (2014). Türkiye'de inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının analizi. International Journal of Engineering Research and Development, 6(1), 1-6.
- Koc, K., Ekmekcioğlu, Ö., & Gurgun, A. P. (2023). Determining susceptible body parts of construction workers due to occupational injuries using inclusive modelling. Safety science, 164, 106157.
- Alizadeh, S.S., Mortazavi, S.B., Sepehri, M.M., 2015. Assessment of accident severity in the construction industry using the Bayesian theorem. Int. J. Occup. Saf. Ergon. 21, 551–557. <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1095546>.