

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE İŞ KAZALARININ YAPAY SİNİR AĞI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: İSTANBUL İLİNDE BİR ÖRNEK UYGULAMA

Güfte CANER AKIN^{1*}, İbrahim DUMAN², Ümit ALKAN³

¹ İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Gelişim MYO, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-3010-5172>

² İstanbul Gelişim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-9482-7639>

³ İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-0044-5494>

Anahtar Kelimeler

İşçi sağlığı ve iş güvenliği
İş kazaları
Yapay sinir ağları
Risk analizi
Ergonomi

Öz

İş sağlığı ve güvenliğinde yapay sinir ağı modeli ile inşaat sektöründe kaza risklerinin değerlendirilmesine yönelik olan bu çalışmada, kaza verileri üzerinden modelleme gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, kaza sayısı verilerinden gerçekleşen makine öğrenim sonuçları ile karar vericilerin risk değerlendirmesinde kullandığı sıklık (frekans) kavramı için tahminleme oluşturmak amaçlanmıştır. Yapay sinir ağlarıyla kaza sayısı tahminleme MATLAB programının NNTool paketi kullanılarak yapılmıştır. İstanbul ili içerisinde faaliyet gösteren bir ortak sağlık ve güvenlik biriminin 2016-2019 yıllarında ait inşaat projesinde meydana gelen; ergonomik, fiziksel, kimyasal ve psikososyal risk etmenleri temelli 644 adet kaza verileri kullanılmıştır. 644 adet kaza verisinden 48 adet yapay sinir ağı için veri seti oluşturulmuştur. Örneklemdeki iş kazalarına ait ay ve yıl girdileri ile kaza sayıları yüksek doğruluk oranlı tahmini elde edilmiştir. Modelin sonucunda eğitim için %99'luk, test için %92'lik başarı yakalanmıştır. Dolayısıyla proje bazlı yürütülen ve bu nedenle de sürekli farklılık gösteren inşaat sektöründeki kaza riski değerlendirmelerinde modelin kullanımının, alınacak tedbirler için etkin olacağı öngörülmektedir.

ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE CONSTRUCTION SECTOR: AN EXAMPLE APPLICATION IN ISTANBUL

Keywords

Occupational health and safety
Occupational accidents
Artificial neural networks
Risk analysis
Ergonomi

Abstract

In this study on the evaluation of accident risks in the construction sector with artificial neural networks in occupational health and safety, modelling was carried out using accident data. In this study, it is aimed to create an estimation for the concept of frequency used by decision makers in risk assessment with machine learning results from accident number data. Accident number estimation with artificial neural networks was made using the NNTool of the MATLAB program. For this purpose, the data of 644 accidents data based on ergonomic, physical, chemical and psychosocial risk factors that occurred in the construction project of a joint health and safety unit operating in the province of Istanbul in 2016-2019 were used. Data sets were created for 48 artificial neural networks out of the data of 644 accidents. The month and year inputs of the occupational accidents in the sample and the number of accidents were estimated with high accuracy. As a result of the model, a success rate of 99% for training and 92% for testing was achieved. Therefore, it is predicted that the use of the model will be effective for the measures to be taken in accident risk assessments in the construction sector, which are project-based and therefore constantly changing.

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 02.09.2021

Kabul Tarihi : 24.11.2021

Research Article

Submission Date : 02.09.2021

Accepted Date : 24.11.2021

* Sorumlu yazar e-posta: gcaner@gelisim.edu.tr

1. Giriş

İnşaat sektörü iş kazalarının en sık görüldüğü iş kollarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Gürcanlı, 2015). İnşaat sektöründeki risklerin kaynağı, ülkemizin genel teknolojik ve sosyo-ekonomik yapısına bağlı olmakla beraber, sektörün kendine özgü koşulları, proses bazı değil proje bazı bir yapısının olması da riskin artmasına zemin hazırlamaktadır (Gürcanlı, 2015; Ceylan, 2014). Bu sebeple; işin yapılma yöntemi, makine, malzeme, çevre gibi faktörler üretimin her aşamasında sıklıkla değiştiğinden tehlike ve risk değerlendirmelerinde de sürdürülebilirliğin sağlanması zorlaşmaktadır (Öztürk ve Heperkan, 2021).

İnşaat firmalarının çoğunlukla uluslararası standartlarla da belirtilen yönetim anlayışına sahip olmaması, faaliyetlerin büyük kısmının açık hava şartlarında yürütülmesi, standart çalışma koşullarının olmaması, çalışma ortamının fiziki yapısının kolay kontrol edilebilir olmaması, istihdamın büyük kısmını eğitim seviyesi düşük çalışanların oluşturması sektördeki tehlikelerin ve iş kazalarının fazla olmasının nedenleri arasında gösterilebilir (Ceylan, 2014). 2018 ve 2019 verilerine göre Türkiye’de ölümlü iş kazalarının en fazla inşaat sektöründe meydana gelmesi de sektörün iş sağlığı ve güvenliği (İSG) yönünden irdelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (Öztürk ve Heperkan, 2021; SGK, 2019).

İnşaatlarda iş sağlığı ve güvenliğinin ortaya konması amacıyla yapılan birçok çalışma alan taramasında karşımıza çıkmaktadır.

Literatürde inşaat sektörüne yönelik yapılan araştırmalarda iş kazalarının nedenleri ve yaralanma çeşitleri: göze yabancı cisim kaşması, kesici ya da batıcı aletler nedeniyle oluşan kazalar, yüksekte düşme, bedenin ya da bir uzvun iki cisim arasında olması sebebiyle sıkışma veya ezilme, taşıma işleri esnasında taşınmakta olan cismin düşürülmesi nedeniyle oluşan yaralanmalar, hareket eden cisimlerin çarpması, hemzemin ortamda takılıp düşme olarak sınıflandırılmıştır (Karadağ ve Kepekli, 2018).

İnşaat sektöründe yapılmış olan bir başka çalışmada, kazaya uğrayanların unvanına göre dağılımı incelenmiş ve kazaya uğrayanların yaklaşık %80’lik kesimin düz işçi ile usta unvanına sahip çalışanlardan oluştuğu ortaya konmuştur (Oğuzalp ve Dalyan, 2005).

Türkiye’de iş kazaları ve makroekonomik faktörlerin ilişkisinin zaman serisi analizi ile yapılan çalışmada 5 gün ve üzerinde iş göremezlik durumunda olan çalışanlar için makroekonomik değişkenler ile çoklu lineer regresyon tahmin modeli oluşturulmuştur. 5 gün ve daha fazla iş göremezlik durumunda bulunan kazazede sayısını etkilediği düşünülen

makroekonomik değişkenler ile bir tahmin modeli oluşturulmuştur. Çalışmada istihdam sayısının ve üretici fiyat endeksinin kazazede sayısını anlamlı şekilde etkilediği belirlenmiştir (Öztürk vd., 2021).

İş kazalarının lojistik regresyon yöntemi ile incelenmesi çalışmasında Bayburt ilinde 2016-2019 yılları arasında meydana gelen iş kazalarının binary lojistik regresyon yöntemi ile incelenmesi sonucunda, bağımlı değişken olan kaza sonucu (ölümlü ve yaralanmalı) ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur (Bulut ve Eygü, 2020).

İnşaat sektöründe yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak yapılan bilimsel çalışmalar değerlendirildiğinde:

Türker ve Kani (2020) tarafından yapı üretim sürecindeki iş kazaları şiddetinin ön bilgilendirilmiş yapay öğrenme metodu ile tahmini, kaza şiddeti ile kaza önlemleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışmada iş kazalarında ne tür önlemler alınması gerektiği ve önlemlerin alınmadığı takdirde sonucunun ne olacağına yönelik bütünlük tahmin modeli, AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) ve YSA (Yapay Sinir Ağları) ile bütünlük olarak geliştirilerek risk azaltıcı önlemler ile kaza şiddeti arasında %90 oranında anlamlı ilişki bulunmuştur. Tokdemir ve Ayhan (2019) tarafından keskin bir cisim ile temas sonucu yaralanma kazalarının analitik hiyerarşi prosesi ve yapay sinir ağları ile analizi yapılarak, %78 doğruluk ile kaza tehlikelerini tahmin etmeyi başaran model oluşturulmuştur. Pantel ve Jha (2015) tarafından yapılan çalışmada inşaat projelerinde güvenli iş davranışlarının tahmini için YSA modeli oluşturularak, güvenli çalışma davranışını ve çalışanların güvenliğinin etkin yönetimi üzerine müteahhitlere ve müşterilere yardımcı olacak öneriler sunmuşlardır. Jeelani vd. (2021), inşaat için gerçek zamanlı vizyon tabanlı işçi lokalizasyonu ve tehlike tespiti için derin öğrenme kullanılarak, dinamik tehlikelerin gerçek zamanlı tespitinde %93’ün üzerinde doğruluk elde etmişlerdir. Khan vd. (2021) tarafından derin evrişim sinir ağlarından yararlanan mobil iskeleleri izlemek için güvenlik kuralı korelasyonunu kullanma ile mobil iskeleler için önerilen bilgisayarlı görüş tabanlı risk tanıma sistemi oluşturulmuş ve %86 genel doğruluk oranı ile modülün uygulanabilirliği doğrulanmıştır. Lee ve Han (2021); bir iskele yapısının hızlanma özelliklerini kullanarak düşmeyle ilgili hareket tanıma için evrişimli sinir ağı modellemesiyle iskele hızlanmalarının, işçi hareketlerini tanımak için yeterli bilgiyi içerebileceğini ve modelleme stratejilerinin önceden tanımlanmış öncülleri sorunsuz bir şekilde sınıflandırıp ayırt edebileceğini ortaya koymuştur. Wu vd. (2021) inşaatta yerinde güvenlik yönetimi için bilgisayarlı görüş ile anlamsal akıl yürütmeyi birleştirmeye yönelik oluşturduğu modelle, önerilen

çerçevenin emniyet yöneticilerinin düşünme modeline benzer şekilde çalıştığını ve görüntülerden tehlikeleri anlamsal olarak akıl yürüterek ve karşılık gelen azaltmaları listeleterek yerinde tehlike tanımlama ve önlemeyi kolaylaştırabileceğini ortaya koymuşlardır. Savadkoohi vd. (2021) çalışmasında, insan düşme riskinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi için kuvvet plakası zaman serisi sinyalinin kullanmışlardır. Çalışmada tekrarlayan Sinir Ağı (RNN), Uzun Kısa Zamanlı Bellek (LSTM), Tek Boyutlu Evrişimli Sinir Ağı (1D-CNN) ile önerilen Bir-Bir-Bir Derin Sinir Ağı sonuçları karşılaştırılmıştır. Oluşturulan Bir-Bir-Bir Derin Sinir Ağı modelinin insanın düşme riskini tahmin etmede en verimli sinir ağı olduğunu tespit etmişlerdir.

Literatür çalışmalarının geneli incelendiğinde inşaat sektöründe YSA ile sadece sıklık tahminine dayalı çalışmaya rastlanmamıştır.

Risk değerlendirmesi en temel anlamda kazanın olma olasılığının, sıklığının ve gerçekleşmesi sonucunda ortaya çıkaracağı şiddetinin (etkinin) belirlenmesi ile yapılır. Bu çalışma ile örnek işletme üzerinde sıklık parametresini oluşturan kaza sayılarının dağılımı tahmin edilmiştir.

Bu çalışmada amaç; iş sağlığı ve güvenliği kapsamında inşaat sektöründe geçmişte yaşanmış gerçek kaza verilerinin yapay sinir ağı ile eğitilerek, risk değerlendirmesinde kullanabileceği, kararlarını olumlu yönde destekleyebilecek ve kazaları minimize etmeye yardımcı olacak kaza sayılarının öngören bir model oluşturmaktır.

Karar vericilerin iş sağlığı ve güvenliği risk analizi esnasında ihtiyaç duyduğu parametrelerinden biri olan kazaya ait sıklık (frekans) kavramı, oluşturulan model ile tahminlenebileceğinden risk değerlendirmesi sonucunun daha gerçekçi yaklaşıma ulaşacağı öngörülmektedir.

İstanbul ili içerisinde faaliyet gösteren bir ortak sağlık ve güvenlik biriminin 2016-2019 yıllarında ait inşaat projesinde meydana gelen 644 adet kaza verileri alınarak yüksek doğruluk oranlı kaza sayısı tahmini elde edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

İş sağlığı ve güvenliğinin öneminin artmasıyla birlikte bu alanda ihtiyaç duyulan mevzuat düzenlemelerinin yapılması ve sahada yürürlüğe alınması ile birçok kazanın önlenilebileceği kabul edilmektedir. Ancak yürürlükte olan mevzuat düzenlemelerine rağmen, uygulama aşamasında bazı sorunların ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu sorunların iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin zaman zaman hizmet verdiği sektörün dışından olması sebebiyle veya eğitimlerinin yetersiz olması sebebiyle oluştuğu değerlendirilmektedir. Bunun yanında İSG profesyonellerinin tecrübe eksikliği nedeniyle yetkili üst karar vericilerin gözünde etkin

olamamasıyla da sahada alınacak İSG önlemlerinde aksamaların meydana geldiği bilinmektedir. Bu durumun ise ramak kala, iş kazası gibi olguların artmasına neden olduğu kabul edilmektedir.

Yaşanan bu olumsuzlukların yanında günümüzde teknolojik gelişme ile beraber ortaya çıkan yapay zekânın başarısı birçok farklı alanda insan faktörünün hatalarını, eksikliklerini ortadan kaldırdığı gibi, insan kaynağı ile uzun süreler sonucunda ulaşılabilecek sonuca, yapay zekâ sayesinde çok kısa sürede daha verimli net sonuçlar alınabilmektedir.

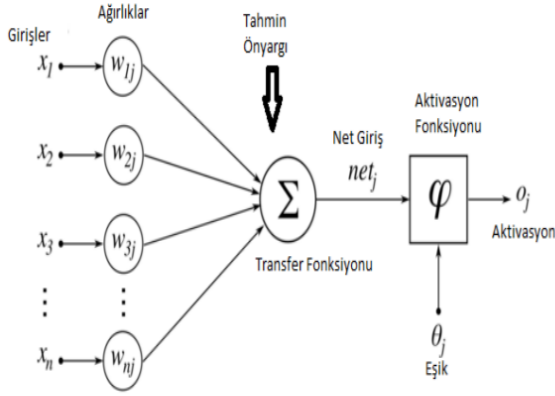
2.1. Yapay Zeka

Bilgisayarların belirli algoritma yardımı ile sistematik ve dinamik yapılar ile yeni veri ve yeni işlemler üretebilmesi yapay zeka olarak tanımlanmaktadır. Yapay zekada amaç insan zekasını modelleyerek insan gibi akıl yürütme, genelleme yapabilme, geçmiş deneyimleri öğrenebilme, anlam çıkarma gibi yetileri bilgisayara veya makineye kazandırabilmektir (Yılmaz ve Yayın, 2021; Brooks, 1991). Yapay zeka; problem çözme, fikir yürütme gibi özelliklere sahip olduğundan insan hayatını kolaylaştırmaktadır.

2.2. Yapay Sinir Ağı

Yapay zeka türleri arasında bulunan yapay sinir ağı; insan beynine yapısal benzerliğinin yanında, öğrenebilir, tecrübe kazanabilir, kazandığı tecrübe ile problemleri çözebilir özelliğe sahiptir. Öğrenme işlemini örnekler vasıtasıyla gerçekleştiren yapay sinir ağları; matematiksel olarak çözümü zor ifade edilebilecek problemleri birçok veri üzerinden örneklemler yaparak doğru sonuca gitmeyi öğrenerek, ileride karşılına çıkan ve geleneksel yöntemlerle çözümü çok daha zor olabilecek problemleri yüksek doğruluk derecesiyle çözebilme yeteneğine sahiptirler (Öztemel, 2012; Dızdar ve Koçar, 2018).

YSA'yı oluşturan temel işlemci yapay nörondur ve Şekil 1' deki gibi sembolize edilir. Yapay sinir hücresine x_n tane veri girişi yapılarak hücre girdileri oluşturulur. İşlemde tüm girdiler belli ağırlıklarla çarpılır ve -1 ila +1 arasında değişen eşik değeri ile toplanarak net yargı - net giriş oluşturulması sağlanır. Net girdi aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek hücre çıktısı istenilen aralıklara getirilmeye çalışılır. Bu çıkış değeri, sistem için bilinen çıkış ile karşılaştırılarak bir hata oranı bulunur. Bu hata oranına göre yapay sinir ağı hücresi, girdilerin yeni ağırlık oranlarını günceller ve doğru sonuç için döngüyü kurar (Öztemel, 2012; Dızdar ve Koçar, 2018).

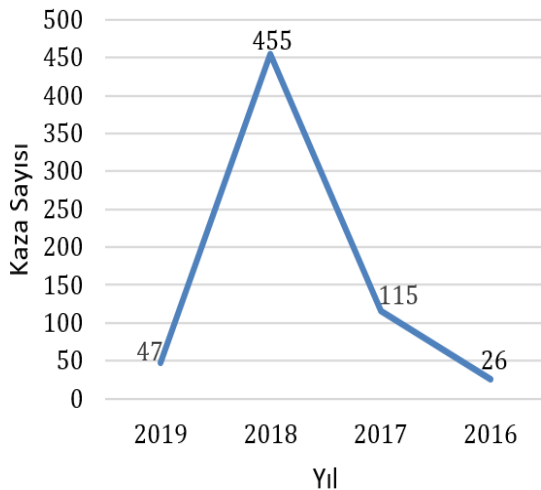


Şekil 1. Yapay Nöron - Yapay Sinir Hücresi (Öztürk ve Şahin, 2018.)

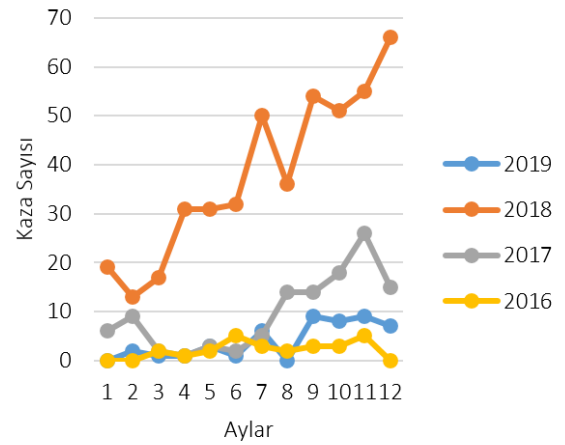
2.3. Veri Seti ve Verilerin İncelenmesi

2016-2019 yıllarına ait 644 adet inşaat projesi kaza verileri excelde girilerek gruplandırılmıştır. Grafik 1'de toplam kaza sayılarının yıllara göre dağılımı, Grafik 2'de toplam kaza sayılarının aylara göre dağılımı gösterilmiştir. Ay içinde meydana gelen kazalar toplanarak, yıllar için 2016-2019 arası 4 kategorik değer, aylar için 12 kategorik değer elde edilmiştir. Veri seti ay, yıl olarak 2 adet bağımsız değişken, kaza sayısı ise 1 adet bağımlı değişken (cevap değişkeni) olarak belirlenmiştir. 644 adet kaza verisinden YSA test ve eğitimi için kullanılacak Tablo 1'de gösterilen 48 adet yeni veri seti oluşturulmuştur.

Grafik 1. Kaza Sayılarının Yıllara Göre Dağılımı



Grafik 2. Kaza Sayılarının Aylara Göre Dağılımı



Tablo 1. YSA Test ve Eğitim Veri Seti

Veri seti	Ay	Yıl	Kaza Sayısı	Veri Seti	Ay	Yıl	Kaza Sayısı
1	1	4	0	25	1	2	6
2	2	4	2	26	2	2	9
3	3	4	1	27	3	2	2
4	4	4	1	28	4	2	1
5	5	4	3	29	5	2	3
6	6	4	1	30	6	2	2
7	7	4	6	31	7	2	5
8	8	4	0	32	8	2	14
9	9	4	9	33	9	2	14
10	10	4	8	34	10	2	18
11	11	4	9	35	11	2	26
12	12	4	7	36	12	2	15
13	1	3	19	37	1	1	0
14	2	3	13	38	2	1	0
15	3	3	17	39	3	1	2
16	4	3	31	40	4	1	1
17	5	3	31	41	5	1	2
18	6	3	32	42	6	1	5
19	7	3	50	43	7	1	3
20	8	3	36	44	8	1	2
21	9	3	54	45	9	1	3
22	10	3	51	46	10	1	3
23	11	3	55	47	11	1	5
24	12	3	66	48	12	1	0

Çalışmada, veri setinin %70'i eğitim, %30'u test verisi olarak ayrılmıştır.

2.4. YSA Modelleme ve Uygulama

“Eğitim süreci” ve “Test süreci” olarak iki aşamada gerçekleştirilen modellemede amaç; eğitim süreci ile ağa verilen giriş ve çıkış değerleri kontrol edilerek hata (sapma) değeri en aza indirirken test sürecinde ağırlık değerleri değiştirilmeksizin giriş değerleri verilerek sonucun tahmin edilmesidir. Bu çalışmada kaza sayısı tahmin edilirken girdi olarak kazanın gerçekleştiği ay ve yıl değerleri alınmıştır. Uygulama Matlab nntool tololbox ile yapılmıştır. YSA ile

oluşturulan model ile giriş ve çıkış değerleri, tekrar tekrar ağa uygulanarak gerçekleşen eğitim süreci, hataların minimize edilmesiyle kaza sayılarını öngören öğrenmeler gerçekleştirilmiştir.

Model performansları Açıklayıcılık Katsayısı (R^2) ve Ortalama Hata Kare Kökü (RMSE- Root Mean Square Error) metrikleri içinde değerlendirilmiştir.

Çalışanların yıl bazında kaza sayılarının yüksek olduğu ayların belirlenmesi için kurulan YSA modellerinin performanslarının belirleme katsayısı Tablo 2'de ve RMSE ölçütlerine göre değerlendirilmesi Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. YSA Değerlendirme Kriterleri (R^2)

No	Eğitim Fonk.	Transfer Fonk.			Nöron Sayısı		Ölçüm Perform.	YSA Eğitim	YSA Test
		HD1	HD2	Çıkış	HD 1	HD 2			
1	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	11	-	R^2	0.98404	0.977776
2	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	15	-		0.99506	0.920697
3	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	20	-		0.99812	0.827317
4	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	23	-		0.97286	0.893119
5	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	25	-		0.99179	0.990445
6	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	12	8		0.99796	0.807230
7	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	15	10		0.95347	0.640544
8	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	20	10		0.98589	0.898628
9	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	18	8		0.98976	0.909124
10	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	15	5		0.97373	0.913362

Tablo 3. YSA Değerlendirme Kriterleri (RMSE)

No	Eğitim Fonk.	Transfer Fonk.			Nöron Sayısı		Ölçüm Perform.	YSA Test
		HD1	HD2	Çıkış	HD 1	HD 2		
1	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	11	-	RMSE	2.459085
2	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	15	-		0.214560
3	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	20	-		1.269939
4	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	23	-		1.846615
5	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	25	-		4.647655
6	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	12	8		4.126051
7	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	15	10		1.484486
8	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	20	10		3.218431
9	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	18	8		1.296070
10	Trainlm	Tansig	Tansig	Tansig	15	3		4.535074

3. Sonuç

Bu çalışma Adaptif Doğrusal Neron ile gerçekleştirilmiş olup, kurgulanan model giriş katmanı (2 nöron, yıl, ay), çıkış katmanı (aylık gerçekleşen iş kazası sayısı) ve bir gizli katmandan oluşmaktadır. Modelin sonucunda eğitim için %99'luk, test için %92'lik başarı yakalanmıştır. Bu sonucun ise literatürde YSA ile yapılan iş sağlığı ve güvenliği kapsamındaki çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür (Tokdemir ve Ayhan, 2019; Türker ve Kandı, 2020). Bununla birlikte YSA modelin test sonuçları Tablo 2 ve Tablo 3 incelendiğinde aylık dönemde meydana gelmiş olan iş kazalarını tahmin etmede modelin başarılı olduğu ortaya konmuştur.

Gerçekleştirilen model ile iş kazası sayısının aylık tahminlenebilmesi; karar vericilerin risk değerlendirmelerinde kullandıkları sıklık kavramına

atanan değerleri nitel yorumlamadan öte gerçekçi bir çözüme kavuşturacağı ve kazaları önlemeye yönelik alacakları tedbirleri arttıracacağı ve bu sayede de iş kazalarının azaltılacağı öngörülmektedir.

Bir sonraki çalışmalarda bağımsız verilere kaza türü, kayıp gün sayısı, işyeri büyüklüğü, alınan önlemler, demografik özellikler vb. eklenerek çalışmanın genişletilmesi ve çalışmanın farklı sektörlerde uygulanması tavsiye edilmektedir. Çalışmanın bilime katkı sağlaması adına farklı istatistikî metotlar ile bu çalışmanın kıyaslanması önerilir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Brooks, R. A. (1991). Intelligence Without Representation. *Artificial Intelligence*, 47(1-3), 139-159. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(91\)90053-M](https://doi.org/10.1016/0004-3702(91)90053-M)

Bulut, M., ve Eygü, H. (2020). İş Kazalarının Lojistik Regresyon Yöntemi İle İncelenmesi: Bayburt İli Örneği. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 15(1), 4956-4974.

Ceylan, H. (2014). Türkiye'de İnşaat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Analizi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 6(1), 1-6.

Dızdar, E. N., ve Koçar, O. (2018). İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetim Sistemlerinde Risklerin Yapay Sinir Ağlarıyla Değerlendirilmesi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 6(3), 73-83.

Güranlı, E. (2015). İnşaat Sektöründe Gerçekleşen Ölüm ve Yaralanmaların Analizi. *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi (MSG)*, 13(48).

Jeelani, I., Asadi, K., Ramshankar, H., Han, K., Albert, A. (2021). Real-Time Vision-Based Worker Localization & Hazard Detection For Construction. *Automation in Construction*, 121, 103448.

Karadağ, T., ve Kepekli, T. A. (2018). İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazaları ve Kaza Nedenleri. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 314-322.

- Khan, N., Saleem, M. R., Lee, D., Park, M. W., & Park, C. (2021). Utilizing Safety Rule Correlation For Mobile Scaffolds Monitoring Leveraging Deep Convolution Neural Networks. *Computers in Industry*, 129, 103448.
- Lee, K., & Han, S. (2021). Convolutional Neural Network Modeling Strategy For Fall-Related Motion Recognition Using Acceleration Features of A Scaffolding Structure. *Automation in Construction*, 130, 103857.
- Oğuzalp, E. H., ve Dalyan, F. (2005). Türkiye'de İnşaat Sektöründeki İş Kazaları ve İş Güvenliği Sorunu. *Verimlilik Dergisi*, 1, 0-0.
- Öztemel, E. (2012). Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık Eğitim, 3. Basım, İstanbul.
- Öztürk, K., ve Şahin, M. E. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ'ya Genel Bir Bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- Öztürk, T., Eren, Ö., ve Oral, H. V. (2021). Türkiye'de İş Kazaları ve Makroekonomik Faktörlerin İlişkisi: Zaman Serisi Analizi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8.
- Öztürk, T., ve Heperkan, H. A. (2021). İnşaat İş Kazalarının Şiddetini Etkileyen Faktörlerin Mevsimsel Farklılıklara Göre Değerlendirilmesi. *Ergonomi*, 4(2), 72-87.
- Patel, D. A., & Jha, K. N. (2015). Neural Network Model for The Prediction of Safe Work Behavior in Construction Projects. *Journal Of Construction Engineering And Management*, 141(1), 04014066.
- Savadkoohi, M., Oladunni, T., & Thompson, L. A. (2021). Deep Neural Networks for Human's Fall-risk Prediction using Force-Plate Time Series Signal. *Expert Systems with Applications*, 115220.
- Sosyal Güvenlik Kurumu İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri. (2019). Erişim adresi: <http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik> Erişim tarihi: 21 Ağustos 2021.
- Tokdemir, O. B., ve Ayhan, B. U. (2019). Keskin Bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma Kazalarının Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Yapay Sinir Ağları ile Analizi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(1), 323-334. <https://doi.org/10.24012/dumf.466493>
- Türker, M., ve Kanıt, R. (2020). Yapı Üretim Sürecindeki İş Kazaları Şiddetinin Ön Bilgilendirilmiş Yapay Öğrenme Metodu İle Tahmini. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(4), 943-956.
- Wu, H., Zhong, B., Li, H., Love, P., Pan, X., & Zhao, N. (2021). Combining Computer Vision With Semantic Reasoning For On-Site Safety Management in Construction. *Journal of Building Engineering*, 42, 103036.
- Yılmaz, D. Ö. Ü. A., ve Yayın, K. (2021). Yapay Zeka. Kodlab Yayın Dağıtım Yazılım Ltd.Şti.