

**Yapay Zekâ Kullanılarak Faaliyet Alanları Tehlike Sınıflarının
Belirlenmesi İçin Örnek Bir Çalışma**

*A Case Study for Determining the Hazard Classes of Economical
Activities Using Artificial Intelligence*

Mesut AKANER

Gazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Ana Bilim Dalı

Gazi University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental and Technical Research of Accidents

mesut.akaner@csgb.gov.tr

Prof. Dr. Veysel ÖZDEMİR

Gazi Üniversitesi

Teknoloji Fakültesi

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı

Gazi University

Faculty of Technology

Department of Industrial Design Engineering

vozdemir@gazi.edu.tr

Ocak 2022, Cilt 13, Sayı 1, Sayfa: 123-139

January 2022, Volume 13, Number 1, Page: 123-139

P-ISSN: 2146-0000

E-ISSN: 2146-7854

©2010-2022

www.dergipark.org.tr/cider

İMTİYAZ SAHİBİ / OWNER OF THE JOURNAL

Kenan YAVUZ
(ÇASGEM Adına / On Behalf of the ÇASGEM)

EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

Dr. Elif ÇELİK

EDİTÖR YARDIMCISI/ASSOCIATE EDITOR

Dr. Berna YAZAR ASLAN
Esra TAŞÇI

TARANDIĞIMIZ İNDEKSLER / INDEXES

ECONLI T - USA
CABELL'S DIRECTORIES - USA
ASOS İNDEKS - TR
INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL - PL
KWS NET LABOUR JOURNALS INDEX - USA

YAYIN TÜRÜ / TYPE of PUBLICATION

PERIODICAL - ULUSLARARASI SÜRELİ YAYIN
YAYIN ARALIĞI / FREQUENCY of PUBLICATION
6 AYLIK - TWICE A YEAR

DİLİ / LANGUAGE

TÜRKÇE ve İNGİLİZCE - TURKISH and ENGLISH

PRINT ISSN

2146 - 0000

E - ISSN

2146 - 7854

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Mustafa Necmi İLHAN – Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ÇAKIR – Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Merve ÖZAYDIN- Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Nergis DAMA – Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Dr. Elif ÇELİK – ÇASGEM

ULUSLARARASI DANIŞMA KURULU / INTERNATIONAL ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Yener ALTUNBAŞ *Bangor University - UK*
Prof. Dr. Mehmet DEMİRBAĞ *University of Sheffield – UK*
Prof. Dr. Shahrokh Waleck DALPOUR *University of Maine – USA*
Prof. Dr. Tayo FASOYIN *Cornell University - USA*
Prof. Dr. Paul Leonard GALLINA *Université Bishop's University – CA*
Prof. Dr. Douglas L. KRUSE *Rutgers, The State University of New Jersey - USA*
Prof. Dr. Özay MEHMET *University of Carleton - CA*
Prof. Dr. Theo NICHOLS *University of Cardiff - UK*
Prof. Dr. Yıldırım YILDIRIM *Syracuse University - USA*
Doç. Dr. Kevin FARNSWORTH *University of Sheffield - UK*
Doç. Dr. Alper KARA *University of Hull - UK*
Dr. Sürhan ÇAM *University of Cardiff - UK*

ULUSAL DANIŞMA KURULU / NATIONAL ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Ahmet Cevat ACAR Türkiye Bilimler Akademisi
Prof. Dr. Cihangir AKIN Yalova Üniversitesi
Prof. Dr. Yusuf ALPER Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Onur Ender ASLAN Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim AYDINLI Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa AYKAÇ Kırklareli Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet BARCA Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. Aydın BAŞBUĞ İstanbul Gelişim Üniversitesi
Prof. Dr. Eyüp BEDİR YÖK
Prof. Dr. Erdal ÇELİK YÖK
Prof. Dr. Toker DERELİ Işık Üniversitesi
Prof. Dr. Gonca BAYRAKTAR DURGUN Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof. Dr. E. Murat ENGİN Galatasaray Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent ERDEM Cumhuriyet Üniversitesi
Prof. Dr. Nihat ERDOĞMUŞ Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Halis Yunus ERSÖZ Gençlik ve Spor Bakanlığı
Prof. Dr. Seyfettin GÜRSEL Bahçeşehir Üniversitesi
Prof. Dr. Nükhet HOTAR Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Erdal Tanas KARAGÖL Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Aşkın KESER Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Muharrem KILIÇ Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Tamer KOÇEL İstanbul Kültür Üniversitesi
Prof. Dr. Metin KUTAL Gedik Üniversitesi
Prof. Dr. Adnan MAHİROĞULLARI Cumhuriyet Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet MAKAL Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Hamdi MOLLAMAHMUTOĞLU Çankaya Üniversitesi
Prof. Dr. Sedat MURAT Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Süleyman ÖZDEMİR Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet SELAMOĞLU Fenerbahçe Üniversitesi
Prof. Dr. Haluk Hadi SÜMER Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Dilaver TENGİLİMOĞLU Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. İnsan TUNALI Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih UŞAN Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Cavide Bedia UYARGİL İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Recep VARÇIN Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Erinç YELDAN İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi
Prof. Dr. Kemalettin AYDIN Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Prof. Dr. Yücel UYANIK Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof. Dr. Erdiñç YAZICI Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof. Dr. Oğuz KARADENİZ Pamukkale Üniversitesi
Dr. Gökçe OK İçişleri Bakanlığı

**Dergide yayınlanan yazılardaki görüşler ve bu konudaki sorumluluk yazar(lar)ına aittir.
Yayınlanan eserlerde yer alan tüm içerik kaynak gösterilmeden kullanılamaz.**

*All the opinions written in articles are under responsibilities of the authors.
The published contents in the articles cannot be used without being cited.*

Yapay Zekâ Kullanılarak Faaliyet Alanları Tehlike Sınıflarının Belirlenmesi İçin Örnek Bir Çalışma*

A Case Study for Determining the Hazard Classes of Economical Activities Using Artificial Intelligence

Mesut Akaner¹

Veysel Özdemir²

Öz

Ülkemizde 2012 yılında 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun yürürlüğe girmesi ile birlikte İş sağlığı ve güvenliği kavramı daha fazla önem kazanmıştır. Genel çerçeveyi oluşturan kanun; yönetmelikler ile desteklenerek iş sağlığı ve güvenliği açısından ilgili tarafların görev, yetki ve sorumlulukları standart bir zemine oturtulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda incelendiğinde genel olarak yapının çalışan sayısı ile işyerinin tehlike sınıfı üzerine kurgulandığı görülmektedir. Faaliyet alanı tehlike sınıflarının belirlenmesinde çeşitli kamu kurumları ile sosyal tarafların oluşturduğu bir komisyonun deneyim ve görüşleri ile Sosyal Güvenlik Kurumu iş kazası ve meslek hastalıkları istatistikleri doğrultusunda aldığı kararlar esastır. Bu kapsamda tehlike sınıflandırmasının farklı bir perspektife dayalı olarak gerçekleştirilmesinin fayda sağlayacağı düşünülerek yapay zekâ metotlarından yapay sinir ağlarını kullanan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçları, mevcut sınıflandırma ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı Güvenliği, Tehlike Sınıfları, NACE Sınıflandırması, Yapay Zekâ, Yapay Sinir Ağları

Abstract

In our country, the concept of Occupational Health and Safety (OHS) gained more importance with the enactment of the OHS Law No. 6331 in 2012. Constituting the general framework the law was supported by regulations and duties, authorities and responsibilities of relevant parties were tried to be placed on a standard basis. In this regard, the structure is generally built on the number of employees and hazard class of the workplace. Determination of hazard classification of economic activities is based on the decision of a commission formed by various public institutions and social partners according to the experience and opinions of members and statistics of the Social Security Institution. In this sense, it is beneficial to perform hazard classification based on a different perspective and a study using artificial neural networks, one of the artificial

* Prof. Dr. Veysel Özdemir danışmanlığında Mesut Akaner tarafından hazırlanan "Faaliyet Alanları Tehlike Sınıflarının Tespitinde Ağırlıklandırılmış Kaza Verilerinin Kullanımı ile Model Oluşturma ve Örnek Bir Çalışma" isimli Doktora tezinden türetilmiştir.

¹ Doktora Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Ana Bilim Dalı, mesut.akaner@csgeb.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6806-4578

² Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Ankara, vozdemir@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9806-9599

Başvuru Tarihi: 14.12.2021
Yayına Kabul Tarihi: 11.02.2022

intelligence methods, was carried out. Results were compared with the current classification and evaluated accordingly.

Keywords: Occupational Health and Safety, Hazard Classes, NACE Classification, Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks

GİRİŞ

Kişilerin hem fiziken hem de ruhen tam bir iyilik halinde olması ile en iyi güvenlik koşullarını sağlayıp sürdürmeyi amaçlayan iş sağlığı ve iş güvenliği algısı çok eski çağlardan günümüze gelişerek gelen bir kavram olmuştur (Çiçek ve Öçal, 2016: 128). İş sağlığı ve güvenliği (İSG), genel olarak işyerinde veya işyerinden kaynaklanan, çalışanların sağlık ve esenliğini bozabilecek tehlikelerin, iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki olası etkileri dikkate alınarak, öngörülmesi, tanınması, değerlendirilmesi ve kontrolü bilimi olarak tanımlanmaktadır (Alli, 2008: vii) .

Dünyada hâlihazırda uygulanmakta olan yasal mevzuatlara bakıldığında işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanmasına yönelik politika ve faaliyetlerin belirlenmesinde pek çok farklı kriterin ön plana çıktığı görülmektedir. Bunlardan bazıları ekonomik faaliyet alanı, faaliyet sektörü, çalışan sayısı, riskli faaliyetlerin varlığı, işyerinin risk düzeyi, bağlı bulunduğu ticaret veya sanayi kuruluşları olarak sayılabilir (tr.linkedin.com, 2021).

Ülkemizde ise işyerlerinin İSG açısından sınıflandırılması; işyeri faaliyet alanları temel alınarak 6331 sayılı Kanununun 9. Maddesi gereğince İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü'nün sekretaryasını yürüttüğü ve ilgili taraflarca oluşturulan komisyonun görüşleri doğrultusunda hazırlanan tebliğ ile belirlenir. Tehlike sınıfının tespitinde işyerinde gerçekleştirilen asıl iş esas alınır (6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012).

İşyerlerinin faaliyet alanları Avrupa Birliğine uyum çalışmaları kapsamında NACE Versiyon 2 sınıflandırma sistemine uygun hale getirilmiştir. NACE Avrupa Birliğinde ekonomik faaliyetlerin istatistiksel olarak sınıflandırılmasını sağlayan bir sistemdir. Sistemin amacı ekonomik faaliyetlere ilişkin istatistiklerin hazırlanması ve kullanımında birlik sağlamaktır (Çamlıca, Akar ve Şenkayas, 2016: 75-76). NACE sınıflandırmasında faaliyet biriminin sahiplik türü, hukuki yapısı önemli değildir. Bu özellikler faaliyetin temel niteliklerinden değildir. Sadece gerçekleştirilen faaliyet göz önünde bulundurulur (Türkiye İstatistik Kurumu, 2010: 15).

NACE sınıflandırmasına uyumlu şekilde hazırlanmakta olan İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği'nin güncel versiyonunda yer alan kategorizasyon yapısı şu şekilde özetlenebilir:

Tablo 1: İşyeri Faaliyet Sınıflandırması Ana Faaliyetleri

A	Tarım, ormancılık ve balıkçılık
B	Madencilik ve taş ocakçılığı
C	İmalat
D	Elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme üretimi ve dağıtımı
E	Su temini; kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetleri
F	İnşaat
G	Toptan ve perakende ticaret; motorlu kara taşıtlarının ve motosikletlerin onarımı
H	Ulaştırma ve depolama
I	Konaklama ve yiyecek hizmeti faaliyetleri
J	Bilgi ve iletişim
K	Finans ve sigorta faaliyetleri
L	Gayrimenkul faaliyetleri
M	Mesleki, bilimsel ve teknik faaliyetler
N	İdari ve destek hizmet faaliyetleri
O	Kamu yönetimi ve savunma; zorunlu sosyal güvenlik
P	Eğitim
Q	İnsan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri
R	Kültür, sanat, eğlence, dinlenme ve spor
S	Diğer hizmet faaliyetleri
T	Hanehalklarının işverenler olarak faaliyetleri; hanehalkları tarafından kendi kullarımlarına yönelik olarak ayırım yapılmamış mal ve hizmet üretim faaliyetleri
U	Uluslararası örgütler ve temsilciliklerinin faaliyetleri
V	Kendi adına menkul sermaye iradı faaliyetleri (temettü, banka faizi, iştirak kazançları vb.)

Kaynak: İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, 2021

Sınıflandırmada 22 ana faaliyet başlığı (kısım) bulunmaktadır. Sınıflandırmada her bir faaliyet başlığının altında bölüm, grup, sınıf ve alt sınıf kademeleri oluşturulmuştur. Böylece hem faaliyetlerin farklı seviyelerde gruplandırılması hem de faaliyetin detaylı olarak tanımlanması sağlanmıştır.

İşyerlerinde yürütülecek iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin faaliyetler ile görev, yetki ve yükümlülükler işyerinin ilgili tebliğde yer alan faaliyet alanları içerisinde seçilmiş ana faaliyeti doğrultusunda bulunduğu tehlike sınıfına göre belirlenmektedir. Tehlike sınıfına göre uygulanan bazı düzenlemeler aşağıda verilmektedir:

- İş güvenliği uzmanlarının görevlendirilmesi ve çalışma süreleri (İş Güvenliği Uzmanlarının Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik, 2012)
- İşyeri hekimlerinin çalışma süreleri
- Diğer sağlık personelinin görevlendirilmesi
- Çalışanların sağlık muayeneleri (İşyeri Hekimi ve Diğer Sağlık Personelinin Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik, 2013)
- Görevlendirilecek destek elemanlarının ve ilkyardımcı destek elemanlarının sayısı (İlkyardım Yönetmeliği, 2015)
- İşyerlerinde işyeri sağlık ve güvenlik birimi kurulması (İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri Yönetmeliği, 2012)

- İş sağlığı ve güvenliği kurulu olağan toplantı periyodu (İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulları Hakkında Yönetmelik, 2013)
- İSG risk değerlendirmesinin yenilenme periyodu (İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2012)
- Acil durum planlarının yenilenme periyodu (İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik, 2013)
- Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitim periyotları ve süreleri (Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, 2013)
- Sağlık raporlarının alınabileceği birimler
- İşverenlere iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri için destek verilmesi
- İSG hizmetlerinin işverenler veya işveren vekilleri tarafından verilmesi
- İşyerlerindeki teftişlerde iş müfettişleri tarafından işin durdurulması ve idari para cezaları (6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012)

İşyerlerinde yürütülen hemen hemen tüm İSG faaliyetlerinde belirleyici olan faaliyet alanı tehlike sınıflarının farklı ve bilimsel bir yaklaşım ile tespiti ve mevcut sınıflandırma ile karşılaştırılarak etkinliğinin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla özellikle son yıllarda farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan ve klasik istatistiksel yöntemlerin çok ötesinde bir öngörü ve başarı sağlayan yapay zekânın faaliyet alanlarının tehlike sınıflandırmasında kullanımına yönelik örnek bir çalışma hazırlanmıştır.

Çalışma temel olarak dört aşamadan oluşmaktadır:

İlk aşamada en uygun inceleme yönteminin seçilmesi amacıyla klasik istatistiksel yöntemler ile modern teknikler karşılaştırılmış, ve yapay zekâ teknikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Yapay zekâ teknikleri problem özelinde incelenerek en uygun yöntem ve bu yöntemin uygulama adımları seçilmiştir.

İkinci aşamada veriler incelenmiş, gürültülü ve hatalı kayıtlar elenerek tüm veriyi temsil edecek şekilde girdi kombinasyonları için farklı büyüklüklerde örneklemeler hazırlanmıştır. Her bir kaza verisi için kaza büyüklükleri uzman görüşleri doğrultusunda hesaplanarak örneklemelere eklenmiştir. Örneklemeler kullanılan Yapay Zekâ metoduna uygun hale getirilmiştir.

Üçüncü aşamada yapay zekâ sistemi kodlanarak; öğrenme metodu, ağ yapısı, öğrenme algoritmaları gibi farklı sistem parametreleri ile iterasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada; kazaların büyüklüğü ile kaza faktörleri arasındaki korelasyon belirlenmiştir. Kaza faktörleri gruplanarak gruplar arası ve grup içi kaza ağırlıkları göreceli olarak gözlemlenmiştir.

Son aşamada her biri ayrı birer girdi parametresi olarak ele alınan NACE faaliyet alanı kodları göreceli ağırlıklarına göre tehlike sınıflarına ayrılarak mevcut sınıflandırma ile karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma ile tehlike sınıfları ve faaliyet alanları arasında nicel bir ilişki kurulmuştur.

1. Yapay Zekâ

Yapay zekâ karmaşık yapıdaki problemleri çözen, yorumlayan ve öğrenme yeteneği sayesinde eski bilgileri yenileri ile sentezleyerek kullanan akıllı yazılımlar olarak tanımlanmaktadır (Gacar, 2019: 390).

Yapay zekâ özellikle son dönemde algılama yani başka bir deyişle duyuşal bilginin yorumlanmasında büyük ilerlemeler kaydederek makinaların verileri daha etkin şekilde kullanmasına olanak sağlamıştır. Bu ilerleme akıllı web aramalarından, sürücüsüz araçlara; doğal dil işleme ve bilgisayar görüşüne kadar pek çok alanda gelişmelerin önünü açmıştır (Hosny, Parmar, Quackenbush, Schwartz, & Aerts, 2018: 501).

Başlıca yapay zekâ yöntemleri; uzman sistemler, genetik algoritma, bulanık mantık ve yapay sinir ağlarıdır.

Uzman sistemler; konusunda uzman olan kişi veya kişilerin bilgi, deneyim ve tecrübeleri doğrultusunda gerçekleştirdikleri muhakeme ve karar verme işlerini modelleyen sistemlerdir. İyi hazırlanmış bir uzman sistem, uzmanlarca gerçekleştirilen tasarım, planlama, teşhis, yorumlama, sonuç çıkarma, tavsiye verme ve kontrol gibi işlevleri taklit edebilir (Demirhan, Kılıç ve Güler, 2010: 32).

Genetik algoritmalar ise doğal seçim ilkelerini temel alan arama ve optimizasyon teknikleridir. Bu algoritmaların; fonksiyonların optimizasyonu, tasarım, çizelgeleme, mekanik öğrenme, hücresel üretim gibi konularda pek çok başarılı uygulaması yer almaktadır. Geleneksel optimizasyon tekniklerinden farklı bir yapıya sahip olan genetik algoritmalar parametre kümeleri yerine kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Olasılık kuralları çerçevesinde sadece amaç fonksiyonuna ihtiyaç duyarlar. Çözüm uzayının tamamını kullanmak yerine bir bölümünü taradıklarından kısa sürede sonuç verirler (Emel ve Taşkın, 2002: 130).

Temel yöntemlerden bir diğeri olan Bulanık Mantık, doğru/yanlış, evet/hayır, yüksek/alçak gibi kati değerlendirmelerin arasına ara değerlerin tanımlanmasına olanak sağlar. Oldukça uzun veya çok hızlı gibi göreceli kavramlar matematiksel olarak formüle edilerek bilgisayarlar tarafından kullanılabilir (Hellmann, 2001: 1).

Bulanık mantık, basit, küçük ve hatta gömülü sistemlerden büyük ağ yapısına sahip sistemlere kadar farklı sistemlerde kolaylıkla kullanılabilir. Bu metot gerçek veride yer alan belirsizlikleri ihmal edilebilir olarak kabul ederek kesin çıktılara ulaşır. Tasarım adımlarını azaltır ve sistemi basitleştirir. Belirsiz, kesin olmayan, gürültülü ve eksik bilgilerin olduğu problemlerde kullanılabilir (Trymbak, Hiwarkar & Iyer, 2013: 204).

Çalışmanın ana araştırma aracı olan yapay sinir ağları insan beyninin biyolojik yapısından esinlenilerek modellenmiştir. Örüntü tanıma, zaman serisi analizleri ve sinyal işleme gibi pek çok alanda fayda sağlamaktadır (Torman ve Türkoğlu, 2020: 937).

Yapay sinir ağları, öğrenme kabiliyeti, farklı problemlere kolay uygulanabilirliği, genelleme kapasitesi, geleneksel tahmin tekniklerine göre daha az veri gerektirmesi, paralel yapılardan dolayı hızlı çalışabilme ve tasarımda esneklik gibi birçok avantajı nedeniyle çeşitli mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır (Oktay, Çelik ve Uzun, 2017: 64).

Yapay sinir ağlarının temel yapısı ve işleyişi incelendiğinde 5 ana öge karşımıza çıkmaktadır. Bunlar sırasıyla; girdiler, ağırlıklar, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılardır. İşleyişi basit olarak anlatacak olursak, girdiler ağırlıklar ile

çarpılarak elde edilen sonuç eşik değeri ile toplanır ve aktivasyon fonksiyonuna sokularak sonuç elde edilir (Şahan ve Okur, 2016: 63).

Elde edilen sonuç hata fonksiyonunda kullanılarak minimum değere ulaşılmaya çalışılır. Bu kapsamda ağırlık değerleri güncellenerek belirlenen hata veya performans değerlerine ulaşılan kadar işlem tekrarlanır.

Yapay sinir ağlarına ilişkin olarak literatürde öğrenme metotları, öğrenme algoritmaları ve aktivasyon fonksiyonları gibi pek çok farklı kavram bulunmaktadır. Bu nedenle ilgili bölümde sadece çalışmada kullanılan kavramlara kısaca değinilecektir.

2. Yöntem

2.1. Uygulanacak Yapay Zekâ Tekniğinin Belirlenmesi

Çalışmanın temel amacı faaliyet alanları ile iş kazaları ve bu kazaların şiddeti arasında bir korelasyon oluşturarak faaliyet alanlarının risk seviyelerini belirlemek ve sayısal bir sınıflandırma yaparak etkinliğini mevcut durum ile karşılaştırmaktır. Kazaların zamana göre dağılımı, her bir veri tipinin kategorik yapısı ve tekrarlanma sıklığı, eksik, tutarsız ve gürültülü veriler, veri sayısı gibi pek çok etken; gerek girdi teşkil edecek parametrelerin gerekse incelemede uygulanacak yöntemin seçiminde rol oynamaktadır. Bu nedenle veriler üzerinde detaylı ön inceleme ve hazırlık çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında belgesel tarama yöntemi ile farklı yapay zekâ teknikleri incelenmiştir. Gerçekleştirilmiş benzer çalışmalar da dikkate alınarak her bir tekniğin kullanım amacı ve güçlü ve zayıf yönleri araştırılmıştır.

Genel olarak bakıldığında genetik algoritmaların optimizasyon problemlerinde, bulanık mantık yapısının da nitel kavramların incelenmesinde kullanımı ön plana çıkmaktadır. Yapay sinir ağlarının ise pek çok çalışmada bir duruma etki eden faktörlerin o durumun gerçekleşmesine olan etkisini sayısal olarak belirlemek amacıyla kullanıldığı ve başarılı sonuçlar elde edildiği literatürde yer almaktadır.

Çalışmanın amaç ve hedeflerine en uygun metodun yapay sinir ağlarının kullanımı olduğuna karar verilmiştir.

2.2. Çalışma Verilerine İlişkin İşlemler

Çalışmada Sosyal Güvenlik Kurumuna yapılan iş kazası bildirimleri kapsamında 2010 - 2019 yıllarına ait 4.025.386 iş kazası ham verisi kullanılmıştır. Bu verilerde 1.995.800 kazaya ait bilgiler yer almaktadır. Tüm veriler anonim halde alınmıştır. Veriler, çalışma amacına uygun olarak tasnif edilmiş; tekrarlanan kayıtlar, gürültülü veriler kapsam dışı bırakılmıştır. Kullanılacak farklı girdi alanları ve sistem kısıtları doğrultusunda çok sayıda veri seti oluşturulmuştur. Veri setleri oluşturulurken tüm veriyi temsil edecek örneklemelerin hazırlanmasına dikkat edilmiştir. Bu amaçla her bir veri alanının aldığı değerler tespit edilerek görülme sıklıkları hesaplanmıştır. Farklı veri yapılarına sahip her bir örnekte kullanılacak verilerin seçiminde o veri yapısı içerisinde gürültülü veri taşıyan tüm kayıtlar çalışmadan çıkarılmıştır. Veriler veri tipine göre sınıflandırılarak sayısal ve kategorik veriler olarak gruplandırılmıştır. Çalışmada bağımsız değişkenler olarak yer alacak girdi verileri ile kaza şiddetinin

hesaplanmasında kullanılacak veriler belirlenmiştir. Çalışmanın farklı eğitim uygulamalarında kullanılan girdi değişkenleri ve kaza şiddetinin hesaplanmasında yer alan hedef değişkenleri Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2: Çalışmada Kullanılan Kaza Veri Alanları

Girdi Değişkenleri	Kaza Şiddeti Hesaplamasında Kullanılan Değişkenler
NACE sınıflandırması	Yaranın türü
Kaza sebep kodu	Yaranın vücuttaki yeri
Kaza materyal araç gereç kodu	Kazadan etkilenen kişi sayısı
Özel faaliyet materyal araç gereç kodu	Kaza sonrası kazazedenin durumu
Yaralanma materyal araç gereç kodu	İş günü kaybı
Yaralanma sebep kodu	İş göremezlik durumu
Çalışılan ortam kodu	
Çalışılan çevre kodu	
Kazanın gerçekleştiği yer	
Kazanın gerçekleştiği ortam	
Öğrenim durum kodu	
Özel faaliyet kodu	
Meslek kodu	
Genel faaliyet kodu	
İSG eğitim alma durumu	
Mesleki eğitim alma durumu	

Kullanılan yapay zekâ sistemi sayısal değişkenlerde olduğu gibi nominal ve binary değişkenler için de bir büyüklük sıralaması oluşturmaya çalışıldığından bu tür kategorik değişkenlerin sisteme ayrıca tanıtılması gerekmektedir. Bu amaçla 2 farklı yöntem kullanılmıştır. İlk yöntemde kategorik değişkenlerin örneklem içerisinde almış olduğu değerler tespit edilerek her bir değer için ayrı bir değişken tanımlanmıştır. Veri içerisinde değişken bu değeri alıyorsa 1 aksi takdirde 0 değeri verilmiştir. Diğer bir yöntem ise değişkenin kategorik değişken olarak tanımlanmasıdır. Bu yöntemin bellek kullanımını arttırdığı ve küçük örneklem üzerinde uygulanmasının daha efektif olduğu görülmüştür. Sistemde başta faaliyet alanları olmak üzere tüm girdi değişkenleri kategorik değişkenlerdir. Hedef değişkeni olarak veriler üzerinden hesaplanan kaza şiddeti değeri kullanıldığından sistem tarafından doğrudan değerlendirmeye alınmaktadır.

Hedef değerlerinin hesaplanmasında hesaplamada kullanılan alanların aralarında ve her bir alanın aldığı değerlerin kendi içinde göreceli olarak ağırlıklandırılması gerekmektedir. Bu amaçla iş sağlığı konusunda uzmanlaşmış doktor ve sağlık personelinin oluşan bir çalışma grubu oluşturularak ağırlık değerleri belirlenmiştir. Her kaza kaydı için veri alanları ağırlık değerleri ile çarpılarak toplanmış ve kazanın şiddeti tespit edilmiştir. Bu işlem yapay zekâ sistemi dışında tamamlanarak sonuçlar sisteme dâhil edilmiştir.

Donanımsal sistem kaynaklarının etkin şekilde kullanılabilmesi amacıyla veriler farklı formatlar içerisinde yapay zekâ sistemine entegre edilerek en uygun yapı oluşturulmaya çalışılmıştır. Küçük veri setleri için Excel formatında hazırlanan verilerin sisteme entegrasyonu etkin olurken daha kapsamlı verilerde mat dosyalarının oluşturulması ve

büyük verilerde veri tabanı üzerinden verilere erişim bellek kullanımı açısından fayda sağlamaktadır.

2.3. Yapay Zekâ Sisteminin Oluşturulması

Yapay Zekâ sisteminin oluşturulmasında MATLAB çok paradigmalı sayısal hesaplama yazılımı ve dördüncü nesil programlama dilinden yararlanılmıştır. Yazılımın tam fonksiyonel akademik sürümünden faydalanılmıştır. Veri tabanı olarak GNU lisansına sahip MySQL 5.0.45 versiyonu kullanılmıştır. MATLAB, veri tabanı bağlantısı 64 bit 5.1.13 mysql-odbc yazılımı ile sağlanmıştır. Verilerin hazırlanması ve kaza şiddetlerinin hesaplanması gibi işlemlerin yürütümü için Apache HTTP Sunucusu 2.4 sürümü üzerinde PHP betik dili ile hazırlanan kodlar kullanılmıştır.

Yapay sinir ağının detaylı tasarımının yapılabilmesi amacıyla kod blokları ve fonksiyonlar oluşturulmuştur. MATLAB yazılımı içerisinde veri tabanı bağlantı fonksiyonu, istatistik ve performans ölçümü fonksiyonları, tekli ve çoklu tahmin fonksiyonları gibi yardımcı modüllerin yanı sıra asıl değerlendirmeyi gerçekleştirecek olan yapay sinir ağları eğitim modülü hazırlanmıştır.

Yapay sinir ağı modellemesinde kullanılan ağ parametreleri şunlardır:

- Öğrenme algoritması
- Eğitim, test ve doğrulama için oranlar
- Eğitim, test ve doğrulama için indis değerleri
- Eğitim fonksiyonu
- Gizli katman sayısı
- Veri ayırma metodu
- Transfer fonksiyonu
- Performans fonksiyonu
- Katmanlardaki nöron sayıları
- Eğitilecek maksimum dönem sayısı
- Performans hedefi
- Öğrenme oranı
- Maksimum doğrulama hata sayısı
- Minimum performans gradyanı
- Görüntüleme dönem aralığı

Yapay sinir ağlarının başarısı büyük oranda oluşturulan modelin tasarım özelliklerine dayanmaktadır. Eğitim algoritması, aktivasyon fonksiyonu, katman ve her katmandaki nöron sayısı, iterasyon sayısı gibi pek çok kriter ağın etkinliğini belirlemektedir. Her problem için en uygun ağ kombinasyonunun belirlenmesi ve en iyi sonuçların elde edilebilmesi için farklı özellikte ağların eğitilerek sonuçların izlenmesi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda ağ tasarımında değişiklik yapılması fayda sağlamaktadır. Bu amaçla farklı örneklem büyüklüklerine ve farklı ağ özelliklerine sahip sistemler üzerinde çalışmalar gerçekleştirilerek sistem kaynaklarının yeterliliği ve performansı test edilmiştir. Ön çalışma sonrası, 22.323 - 822.191 veri aralığında 175 ağ eğitimi ile toplam 81.981 iterasyon gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağları kullanılmıştır. Bu ağlar; girdi katmanı, ara katmanı veya katmanları ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Her

katmanda bir veya daha fazla nöron bulunur ve her katmandaki nöronlar, diğer katmandaki nöronlara paralel olarak bağlıdır. İlk eğitimlerde ağ tasarım parametrelerinin seçiminde literatürde yer alan çalışma sonuçları ve sistemde yer alan varsayılan değerler kullanılmıştır. Ağın etkinliğinin artırılması amacıyla eğitim sonrası elde edilen performans değerleri, regresyon değerleri ve grafikler incelenerek ağ modeli geliştirilmiştir.

İleri Beslemeli, geri yayımlı yapay sinir ağı yapısı uygulanmıştır. Bu sistem ileri doğru iterasyonları gerçekleştirirken geriye yayımda hataları minimize etmek için ağırlık değerlerini düzenler. Eğitimlerde denetimli öğrenme kullanılmıştır. Denetimli öğrenme modelinde girdi değişkenlerinin bir kısmına hedef değerleri tanımlanarak girdiler ile hedef değerleri arasındaki ilişkinin tespiti ve iterasyonlarda kullanımı amaçlanmaktadır. Başlangıç eğitim, doğrulama ve test oranları %70, %15, %15 olarak seçilmiştir. İlerleyen iterasyonlarda %80-%10-%10, %100-%0-%0, %50-%25-%25 ve %60-%20-%20 oranları ile çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Verilerin gruplandırılmasında hem rassal ayırım hem de indisleme yöntemi uygulanmıştır. İndisli ayırımda verilerin homojen dağılımı için batch programlar kullanılmıştır.

Başlangıç eğitiminde tek gizli katman ve bu katmanda 10 nöron bulunmaktadır. Müteakip eğitimlerde katman ve nöron sayıları güncellenerek gizli katman sayısı 1 - 400 aralığında ve nöron sayısı 6-400 aralığında değişmiştir.

Eğitim algoritmasının seçiminde 3 eğitim algoritması temel alınmıştır. Büyük veri ile çalışmada bellek kullanımındaki başarısı ve iterasyonların kısa sürede tamamlanarak eğitim içerisinde regresyon değerlerindeki değişimin daha kısa sürede izlenebilmesi açısından ölçekli eşlenik gradient algoritması kullanılmıştır.

Literatürde kullanımına yaygın olarak rastlanılan bir başka algoritma ise Levenberg-Marquardt algoritmasıdır. Büyük verilerin incelenmesindeki yüksek bellek gereksinimine rağmen öğrenme ve yakınsama hızının yüksek olması nedeniyle tercih edilen bu algoritma ile özellikle model parametrelerinin belirlenmesi aşamasında çok sayıda eğitim gerçekleştirilmiştir.

Nispeten çok küçük ve gürültülü verilerde kullanılan Bayes Düzenlemesi (Bayesian Regularization) algoritması ile denemeler gerçekleştirilmiş ancak etkin bir şekilde çalışmamıştır.

Hata hesaplamasında Ortalama Kare Hata (MSE) kontrolü tercih edilmiştir. Tanjant hiperbolik (tansig) ve sigmoid (logsig) aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. Doğrusal olmayan bu fonksiyonların türevlenebilir olması öğrenmede sıklıkla kullanılmaktadırlar.

3. Bulgular

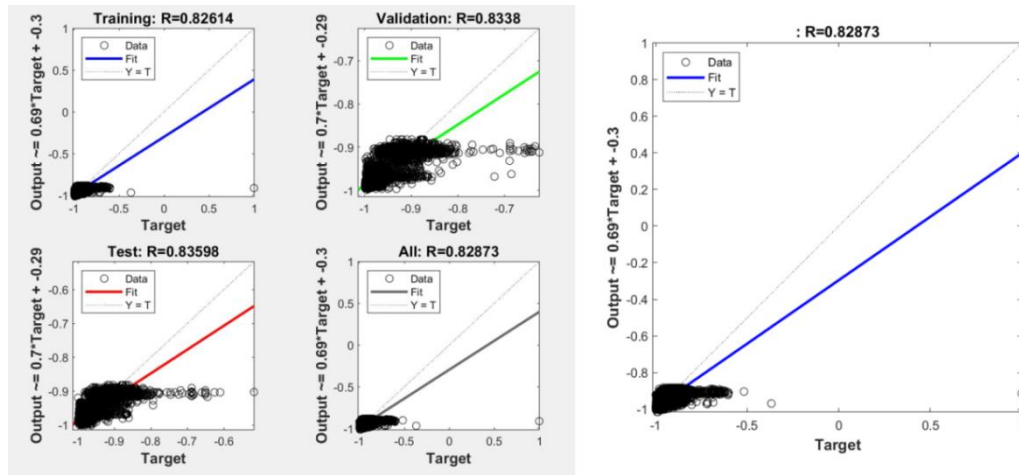
Çalışmada farklı girdi parametreleri arasındaki göreceli ağırlıkların tespitinin yanı sıra esas olarak faaliyet alanlarının kendi içerisinde kaza şiddetine olan etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda sadece faaliyet alanlarının ele alındığı ve en iyi hata kontrol ve performans değerlerinin yer aldığı ağ eğitimine ilişkin bilgiler ve bulunan sonuçlar Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3: Ağ Eğitim Bilgileri

Ağ Eğitim Bilgileri	
Eğitim No	161221005817
Veri Sayısı	93.376
Gizli Katman Sayısı	10
Nöron Sayısı	10
Ayrım Fonksiyonu	Rassal
Ayrım Türü	Örnekleme
Eğitim Metodu	SCG
Eğitim Oranı	Varsayılan
Eğitim Veri Yüzdesi	70
Test Veri Yüzdesi	15
Doğrulama Veri Yüzdesi	15
İterasyon Sayısı	1500
MSE	0.0004152
R	0.82873
R2	0.68679
En İyi İterasyon	1498
Gradyan	0.0002462
Hedef Değeri	0

Ölçekli Eşlenik Gradyan eğitim algoritması kullanılan eğitim 93.376 veri için gerçekleştirilmiştir. Örnekleme yer alan 1437 faaliyet alanının kaza şiddetine etkisi incelenmiştir. Eğitim toplam 1500 iterasyon için gerçekleştirilmiş olup en iyi sonuca 1498. iterasyonda ulaşılmıştır. Örnekleme girdi verilerinin eğitim, doğrulama ve test işlemleri için dağılımı %70, %15, %15 şeklindedir. Veriler rassal olarak dağıtılmıştır. Performans ölçümü için Ortalama Hata Karesi (MSE) kontrolü tercih edilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant hiperbolik kullanılmıştır.

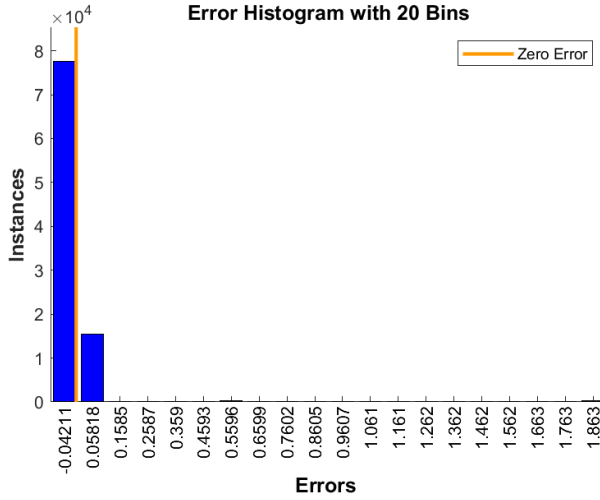
Grafik 1: Eğitim R değerleri



Kaynak: MATLAB Yazılımı Eğitim İterasyon Sonuçları

R değeri bize hedef değerleri ile bulunan sonuçlar arasındaki ilişkiyi, diğer bir deyişle yakınsamayı göstermektedir. R değeri 1 e yaklaştıkça eğitimin başarısı artar, 0 değerine yaklaştıkça eğitimin güvenilirliği azalır. Grafikte yer alan kesikli çizgi, hedef değerleri ile sonuç değerlerinin birebir örtüştüğü mükemmel regresyon durumunu göstermektedir. 0.80 ve üzeri bir R değeri literatürde yeterli görülmektedir. Eğitim, test ve doğrulama için bu grafiğin ayrı ayrı çizilmesi ağın davranışının incelenebilmesi açısından fayda sağlamaktadır. Sistem içerisinde eğitim öncesi değerler normalize edildiğinden bir kümelenme görülmektedir. Eğitim R oranı ile test doğruluk oranı arasındaki fark çok yüksek olmadığı için sistemin herhangi bir ezberleme yapmadığı görülmektedir.

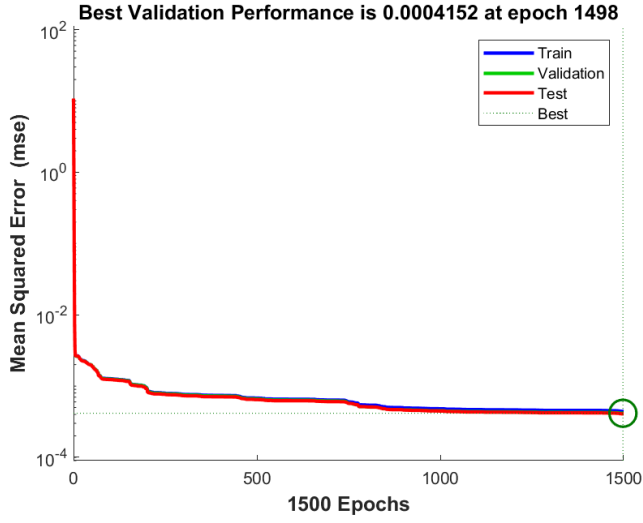
Grafik 2: Hata Histogramı



Kaynak: MATLAB Yazılımı Eğitim İterasyon Sonuçları

Hata histogramında 20 hata değer grubu kullanılmıştır. Hata değerleri 2 grupta yoğunlaşmıştır. Histogram, gerçekleşen hataların 0 hata düzeyine yakın ve iki yönlü gerçekleştiğini göstermektedir. Negatif hata oranının yüksek olması ağ tarafından bulunan hatalı değerlerin çoğunlukla gerçek değerlerden düşük olduğunu göstermektedir.

Grafik 3: Eğitim İterasyon Performans Grafiği



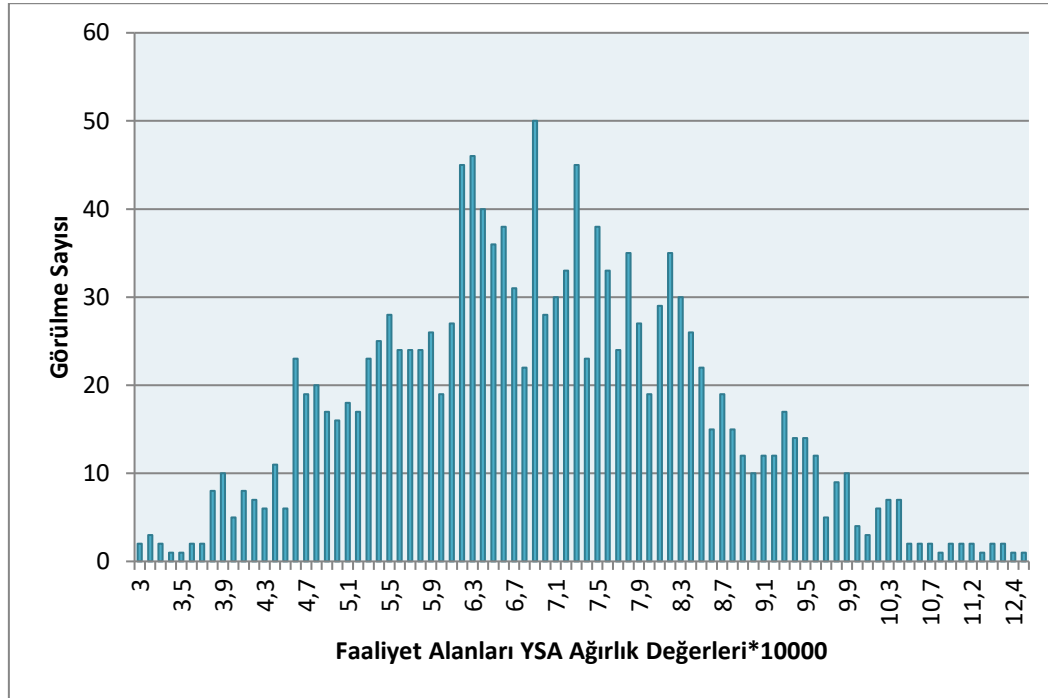
Kaynak: MATLAB Yazılımı Eğitim İterasyon Sonuçları

Ortalama Kare Hata değeri hedef değerleri ile çıktı değerleri arasında fark ile ilgili olarak mutlak bir sayısal değer verir. Sonucun sifıra yakın olması tahmin değerlerinin doğruluğunu gösterir. Özellikle farklı modeller arasında karşılaştırma yapılmasında fayda sağlar.

Doğrulama ve test eğrileri incelendiğinde bir paralellik gözlenmektedir. Bu durum eğitim aşamasında bir sorun olmadığını göstermektedir. Eğer test eğrisi doğrulama eğrisinden büyük oranda yükselseydi bu durum fazla uyumun yaşandığını ifade ederdi.

Örnekleme içerisinde yer alan 1437 faaliyet alanının kaza şiddetine olan etkisinin dağılımı Grafik 4'te verilmektedir.

Grafik 4: Faaliyet Alanı Değişken Ağırlıklarının Dağılımı



Kaynak: MATLAB Yazılımı Eğitim İterasyon Sonuçları

Faaliyet alanları için tespit edilen ağırlık değerleri doğrultusunda bir tehlike sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırmada kullanılacak dağılımın değerlendirilmesinde NACE kodlarının 2019 yılı İş Sağlığı ve Güvenliğine ilişkin Tehlike Sınıfları Listesi Tebliği ekinde yer alan tehlike sınıflarından yararlanılmıştır. Çalışmada yer alan faaliyet alanları ile tebliğdeki kodlar karşılaştırıldığında tehlike sınıfı dağılımı 567 az tehlikeli, 643 tehlikeli ve 227 çok tehlikeli olarak görülmektedir.

Eğitim sonucunda elde edilen ağırlık değerleri büyüklük sırasına sokularak aynı gruplandırma uygulanmıştır. Karşılaştırma sonuçları Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4: Belirlenen Tehlike Sınıflarının 2019 Yılı İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği'ndeki Sınıflandırma ile Karşılaştırılması

		Tebliğ'de Yer Alan Sınıflandırma		
		Az Tehlikeli	Tehlikeli	Çok Tehlikeli
YSA Sonucu Sınıflandırma	Az Tehlikeli	344	206	17
	Tehlikeli	168	372	103
	Çok Tehlikeli	55	65	107

Çalışmada bulunan ve tebliğde yer alan sınıflandırmalarının örtüşme oranları ise % olarak Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5: Belirlenen Tehlike Sınıflarının 2019 Yılı İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği'ndeki Sınıflandırma ile Örtüşme Oranları

		Tebliğ'de Yer Alan Sınıflandırma		
		Az Tehlikeli	Tehlikeli	Çok Tehlikeli
YSA Sonucu Sınıflandırma	Az Tehlikeli	60,67	32,04	7,49
	Tehlikeli	29,63	57,85	45,37
	Çok Tehlikeli	9,70	10,11	47,14

Az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli sınıfta yer alan faaliyet alanları için tehlike sınıflarının örtüşme oranları sırasıyla %60.67 , %57.85 ve %47.14' dür. Tüm faaliyetler için bakıldığında bu değer %57.27 olarak bulunmaktadır.

SONUÇ

Çalışma ile işyeri faaliyet alanlarının tehlike sınıflarının belirlenmesinde yapay zekâ yöntemleri kullanılarak yeni bir bakış açısı getirilmiştir. Farklı örneklem setleri ve farklı ağ modelleri ile gerçekleştirilen eğitimlerin sonuçları kendi aralarında tutarlıdır. Çalışmanın 0.0004152 MSE ve 0.8338'lik R değeri bilimsel olarak kabul edilebilir ve yeterlidir. Çalışmanın yapay sinir ağlarının bir problem içerisinde bağımsız değişkenlerin problemin çıktısına etkisinin belirlenmesi açısından gerçekleştirilecek çalışmalarda yararlı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, mevcut durumun analizi ileride yürütülebilecek çalışmalar hakkında yol gösterici olacaktır.

Çalışma sonucunda faaliyet alanı tehlike sınıfları için elde edilen benzeşme oranı anlamlı olmakla birlikte sonuçların sadece sayısal bir karşılaştırma ile değerlendirilmesi yeterli değildir. Kullanılan örneklemden, verilerin kazaları yansıtmadaki başarısına; kaza bilgisinin alınmasında kullanılan araçlardan faaliyet alanları özelinde görülen meslek hastalıklarına kadar pek çok kriter göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kriterlerden bazıları:

- Çalışmanın sınırlı sayıda veri ile gerçekleştirilmiş olması
- Çalışmanın iterasyonlarında sadece 2019 yılı ve 4 yıl öncesine ait iş kazalarının değerlendirilmesi
- SGK tarafından sağlanan verilerde hatalı kodların bulunduğu kazaların kapsam dışı bırakılması nedeniyle kaza sıklık oranlarındaki değişim
- Kaza şiddetinin hesaplanması için kullanılan ağırlıklandırma yönteminin uzmanların görüşlerine dayanması
- Yıllar içerisinde NACE kodlarındaki değişiklikler ve bazı faaliyet alanlarının farklı NACE kodlarında tanımlanması
- İşyeri Faaliyet alanlarının belirlenmesinde sadece ana faaliyetin temel alınması
- Farklı tehlike sınıflarına sahip işlerin yürütüldüğü işyerlerinde kazanın gerçekleştiği işin belirlenmesindeki güçlükler
- İşyeri faaliyet alanlarının işyerleri tarafından belirlenmesi nedeniyle fiili olarak yürütülen iş ile bildirilen faaliyetin farklı olması

- İşyerlerinin yükümlülüğünde bulunan kısa vadeli sigorta kolları prim ödemelerinin tehlike sınıfından bağımsız hale gelmesi diğer bir ifadeyle eşitlenmesi ile işe ilişkin kontrollerin kapsamındaki değişiklikler
- Kaza bildirimlerinin sektöre ve işin özelliklerine göre özelleştirilmemiş standart bir form üzerinden gerçekleştirilmesi nedeniyle kaza detaylarının alınmasındaki güçlükler
- Kazanın gelişimine ilişkin bilgilerin serbest yazı alanları ile alınması nedeniyle bu alanlarda yer alan bilgilerin standardize edilememesi
- Kazaların neden sonuç ilişkisinden ve kök nedenlerin tespitinden ziyade sigortacılık yaklaşımı içerisinde değerlendirilmesi ve daha detaylı incelemelerin sadece yaralanmalı, ölümlü ve adli soruşturma gerektiren kazalar için gerçekleştirilmesi
- Ramak kala olayların faaliyet alanı tehlike sınıflarının belirlenmesinde kullanılmaması
- Kaza bildirimlerinin yeterli bilgi ve birikime sahip olmayan kişiler tarafından gerçekleştirilmesi
- Kaza veri tabanında hatalı kayıt oranının yüksek olması
- Bildirimlerde çoğunlukla belirsizlik yaratan “diğer” alanlarının seçilmiş olması
- Tebliğde yer alan tehlike sınıflarının belirlenmesinde sadece komisyon kanaat ve deneyimleri ile SGK kaza istatistiklerinin kullanımı
- Özellikle 6331 sayılı Kanunun yayınlanmasından önce ve Kanunun uygulamasının yaygınlaşması aşamasında kaza bildirimlerinin az olması
- Meslek hastalıklarının tespiti ve bildirimindeki yetersizlikler nedeniyle faaliyet alanları tehlike sınıflarının değerlendirilmesinde meslek hastalıkları verilerinin kullanılmaması
- Bazı sektörlerde kaza sıklık oranı düşük olmakla birlikte gerçekleşen kazaların şiddetinin yüksek olması
olarak özetlenebilir.

Tüm bu faktörler incelendiğinde öncelikle kaza bilgilerinin doğru ve etkin şekilde alınması için çalışmalar yürütülebilir. Bu kapsamda Avrupa Birliği ülkelerinde standart olarak kullanılan kaza bildirim formu veri yapısı korunarak detaylandırılabilir. Form içerisinde yer alacak ek bilgilendirmeler ile belirsizliklerin olduğu bildirimler minimuma indirilebilir. Ayrıca madencilik gibi sektörel çalışma farklılıkların daha fazla olduğu çalışma alanlarında kaza bildirimlerinin sektöre özel veri alanları ile desteklenmesi bu sektörlerle yönelik bilimsel çalışmaların önünü açacaktır.

Diğer bir husus ise meslek hastalıkları bildirimlerinin özellikle önceki yıllarda yetersiz kalması nedeniyle çalışmada kullanılmamasıdır. Çalışmada yer alan iş kazalarının şiddetinin hesaplanması yöntemine benzer şekilde meslek hastalıklarının şiddetinin hesaplanması ve görülme sıklıkları dikkate alınarak meslek hastalıkları bazında faaliyet alanlarının tehlike sınıflarının değerlendirilmesi ayrı bir çalışma olarak fayda sağlayabilir.

Kaynakça

- 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. (2012). T.C. Resmi Gazete (28339, 30 Haziran 2012).
- Alli, B. O. (2008). *Fundamental Principles of Occupational Health and Safety*. Cenova: International Labour Office, vii.
- Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik. (2012). T. C. Resmi Gazete (28648, 15 Mayıs 2013).
- Çamlıca Z., Akar G. S. ve Şenkayas H. (2016). "TR32 Bölgesinin Lojistik Açısından Analizi". *Aydın İktisat Fakültesi Dergisi*. 1(2), 75-76.
- Çiçek, Ö. ve Öçal, M. (2016). "Dünyada ve Türkiye'de İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi". *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 5 (11), 128.
- Demirhan, A., Kılıç, Y. A., ve İnan, G. (2010). "Tıpta Yapay Zekâ Uygulamaları", *Yoğun Bakım Dergisi*, 9(1), 32.
- Emel, G. G., ve Taşkın, Ç. (2002). "Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları". *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 130.
- Gacar, A. (2019). "Yapay Zekâ ve Yapay Zekânın Muhasebe Mesleğine Olan Etkileri: Türkiye'ye Yönelik Fırsat ve Tehditler". *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 8, 390.
- Hellmann, M. (2001). "Fuzzy Logic Introduction". *Université de Rennes*, 1, 1.
- Hiwarkar, T. A., & Iyer, R. S. (2013). "New Applications of Soft Computing, Artificial Intelligence, Fuzzy Logic & Genetic Algorithm in Bioinformatics". *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2(5), 204.
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. (2018). "Artificial Intelligence in Radiology". *Nature Reviews Cancer*, 18(8), 501. doi: 10.1038/s41568-018-0016-5.
- İlkyardım Yönetmeliği. (2015). T.C. Resmi Gazete (29429, 29 Temmuz 2015).
- İnternet: tr.linkedin.com/pulse/i%C5%9Fyerlerinin-isga%C3%A7%C4%B1s%C4%B1ndan-s%C4%B1n%C4%B1fland%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1nda-d%C3%BCn-ya-kinli-ph-d-
- İş Güvenliği Uzmanlarının Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik. (2012). T.C. Resmi Gazete (28512, 29 Aralık 2012).
- İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri Yönetmeliği. (2012). T.C. Resmi Gazete (28512, 29 Aralık 2012).
- İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulları Hakkında Yönetmelik. (2013). T.C. Resmi Gazete (28532, 18 Ocak 2013).
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. (2012). T.C. Resmi Gazete (28512, 29 Aralık 2012).
- İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği. (2012). T.C. Resmi Gazete (28509, 26 Aralık 2012).

- İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği. (2021). T.C. Resmi Gazete (31405, 24 Şubat 2021).
- İşyeri Hekimi ve Diğer Sağlık Personelinin Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik. (2013). T.C. Resmi Gazete (28713, 20 Temmuz 2013).
- İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik. (2013). T.C. Resmi Gazete (28681, 18 Haziran 2013).
- Oktay, T., Çelik, H., ve Uzun, M. (2017). "A Novel Learning Algorithm to Estimate the Optimum Fuselage Drag Coefficient". *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 64. doi: 10.16984/saufenbilder.59146.
- Şahan, M., ve Okur, Y. (2016). "Akdeniz Bölgesine Ait Meteorolojik Veriler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Güneş Enerjisinin Tahmini". *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 11(1), 63.
- Toraman, S., ve Türkoğlu, İ. (2019). "Dalgacık Dönüşümü ve Makine Öğrenme Teknikleri Kullanılarak FTIR Sinyallerinden Kolon Kanseri Hastaları ve Sağlıklı Kişileri Sınıflandırmak İçin Yeni Bir Yöntem". *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 937. doi: 10.17341/gazimmfd.564803.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2010). *Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu, 15.