



İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**Türkiye’deki İş Kazası Verilerinin Yapay Sinir Ağları İle
Modellenmesi**

Yüksek Lisans Tezi
Abdulkadir Bilgin

Ocak 2023



İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**Türkiye’deki İş Kazası Verilerinin Yapay Sinir Ağları İle
Modellenmesi**

Yüksek Lisans Tezi
Abdulkadir Bilgin

Danışman
Prof. Dr. Emine Can
Eş Danışman
Doç. Dr. Kaan Keçeci

Ocak 2023

TEZ JÜRİSİ ONAYI

Abdulkadir Bilgin tarafından hazırlanan "Türkiye’deki İş Kazası Verilerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi" başlıklı bu Yüksek Lisans Tezi, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı’nda hazırlanmış ve jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Emine Can
İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Üyeler:

Prof. Dr. Emine Can
İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Nurullah Çalık
İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Rüştü Uçan
Üsküdar Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 30 / 01 / 2023

BEYANLAR

Yazım ve Kaynak Gösterme Kılavuzu Beyanı

Danışmanlığımda yazılan bu tezin APA yazım ve kaynak gösterme kılavuzunda belirtilen kurallara uygun olarak yapılandırıldığı ve bu kılavuzun metin içi kaynak gösterme standartlarının bu tezde tutarlı olarak uygulandığı tarafımdan incelenerek teyit edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Emine Can

Etik İlkelerine Sadakat Beyanı

Hazırladığım bu tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu, akademik ve etik kuralları gözeterek çalıştığımı ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

İmza

Abdulkadir Bilgin

TEŞEKKÜR

İnsanoğlu hayata atıldığı andan ölümüne kadar yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek adına sürekli bir çaba içerisinde olmuştur. Bu çaba, kimi zaman içgüdüsel dürtülerinden, kimi zaman yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirmek için, kimi zamanda kendisi ve ailesinin geçimini sağlamak adına hayatının yarısından fazlasını içine alacak olan çalışma hayatı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayıdır ki insanın meşgalesinin ne olduğunun önemi tarih boyunca bilim insanlarının merak konusu olmakla birlikte özellikle tıp dünyası, hastalarına ne işle uğraştıklarının, nasıl bir çalışma ortamında geçimlerini sağladıklarının doktorlar tarafından sorulması gerekliliğini yüzyıllar öncesinden dile getirmişlerdir. Bu süreç sanayi devrimiyle hızlı bir ivme kazanmış ve günümüze kadar sürekli gelişerek önemini artırmış, dünya çapındaki köklü kuruluşların öncülüğünde iş hayatının önceliği haline gelmiştir.

Çalışma hayatının da bir parçası olan iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin toplumun her kesiminde doğru ve etkin bir şekilde uygulanması maksadıyla yaptığım tüm çalışmanın temeli sağlıklı nesiller yetiştirmenin, insanlarımızın sağlıklı ve güvenli bir çalışma hayatıyla mümkün olacağına inancımdır. Her yıl iş kazası ve meslek hastalığı kaynaklı insanlarımız hayatlarını kaybetmekte, birçok insan annesiz ve/veya babasız kalmakta, kimileri meslekte kazanma gücünü kaybetmekte ve kısaca binlerce insanımız iş kazası nedeniyle ölmekte ya da geçici ve sürekli iş göremezlik durumuyla karşı karşıya kalmaktadır. Dolayısıyla iş kazalarının manevi olduğu kadar maddi yönünün de önemli olduğu gerçeği karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmamın iş sağlığı ve güvenliğinde dünyada kabul gören temel yaklaşım olan proaktif yaklaşıma bir nebze de olsa katkı sunacağına inanıyorum. Çalışmamda geçmiş yıllardan bugüne SGK istatistiklerine girmiş olan iş kazalarından yola çıkarak, yapay sinir ağları yöntemiyle önümüzdeki yıllarda meydana gelebilecek iş kazalarının belli parametrelerinin tahmini yoluna gidilmiş olup, bu tahminler neticesinde elde edilen veriler ışığında risk gruplarına önleyici tedbirler alınması noktasında katkı sunacağı kanaatindeyim.

Çalışmam boyunca yönlendirmeleriyle bana yol gösteren tez danışmanım Prof. Dr. Emine Can hocama ve eş danışmanım Doç. Dr. Kaan Keçeci hocama, anneme, babama, eşime ve eğitim ve öğretim hayatım boyunca desteğiyle her zaman yanımda olan abim Doç. Dr. Önder Bilgin'e teşekkürü bir borç bilirim.

Antalya, Ocak 2023

Abdulkadir Bilgin

ÖZET

Türkiye’deki İş Kazası Verilerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi

Abdulkadir Bilgin

Yüksek Lisans Tezi, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Emine Can

Ocak 2023. 104 Sayfa

Ülkemizde her yıl binlerce iş kazası yaşanmaktadır. Yaşanan bu iş kazaları devlet, işveren ve çalışanlar için maddi ve manevi birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. İnsana yapılacak yatırımın en büyük yatırım olduğu gerçeği göz önüne alınırsa, iş kazalarının önüne geçilmesi için yapılacak yakın ve uzun vadede ki yatırımların getirisinin çok büyük olacağı yadsınamaz bir gerçeklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada ülkemizde 2001- 2020 yılları arasında SGK tarafından yayınlanan istatistiklerden iş kazalarına ait verileri kullanarak yapay sinir ağları yöntemiyle belli parametrelerin tahminleri yapılmıştır. Bunun için MATLAB uygulaması kullanılarak ilgili parametrelere ait veriler ortaya çıkarılmıştır. Veriler MATLAB uygulaması zaman serileri (time series) modülünde olan ileri beslemeli ağ kullanılarak incelenmiştir. Tez çalışmasında sosyal güvenlik kurumu yıllıklarına ek olarak ilgili paydaş bakanlıkların yayınladığı istatistiklerle konunun önemine vurgu yapılmış ve maddi ve manevi olarak ortaya çıkabilecek olumsuzlukların boyutu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Öncelikle 2001-2019 yılları arasında çalışanların yıllara göre zorunlu sigortalı sayısı ve toplam iş kazası sayıları ile yapay sinir ağları eğitilerek, ölümlü iş kazası, sürekli iş göremezlik sayılarının tahmini yapılmıştır. Devamında 2001-2020 yıllarına ait verilerden faydalanarak genelden özele inilecek şekilde SGK İstatistik Yıllıklarından elde edilen verilerden insan sağlığı hizmetleri ile ilgili 2001 ve 2020 yılları arasındaki toplam iş kazası ve zorunlu sigortalı sayıları girdi (input) olarak kullanılmıştır. Girdi olarak verilen bu değerlerden yola çıkarak geçici ve sürekli iş göremezlik, iş kazası sayılarının cinsiyete göre dağılımı ve geçici ve sürekli iş göremezlik sayılarının cinsiyete göre dağılımının yapay sinir ağları ile tahmini yapılmıştır. Yapılan tahminlerden yola çıkarak insan sağlığı hizmetlerinde iş hayatını sürdüren çalışanlarımızın olası iş kazalarına karşı, önleyici yaklaşımlarla beraber çalışanların iş kazalarına maruz kalmalarının önüne geçilmesi amacıyla görüş ve önerilerde bulunulmuştur. Bu tez çalışmasında yukarıda belirtilen verilerden yola çıkılarak, yapay sinir ağları yöntemiyle önümüzdeki yıllarda meydana gelebilecek iş kazalarının tahmini neticesinde, alınacak önlemlere ilişkin çözüm önerileri tartışılmıştır. Sonuç olarak iş sağlığı ve güvenliğinde proaktif yaklaşımın önemi vurgulanmış ve bu konudaki görüş ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, İş Kazası, İş Sağlığı ve Güvenliği, SGK İstatistikleri

ABSTRACT

Modeling of Work Accident Data in Turkey With Artificial Neural Networks

Bilgin, Abdulkadir

Master Thesis, Department of Occupational Health and Safety

Supervisor: Prof. Dr. Emine Can

January 2023. 104 Pages

Thousands of occupational accidents occur in our country every year. These occupational accidents also bring many material and moral negativities for the state, employers and employees. Considering the fact that the investment to be made in people is the biggest investment, it is an undeniable reality that the return of investments in the near and long term to be made to prevent work accidents will be very large. In this study, estimation modeling of certain parameters was made by using artificial neural networks method using data on occupational accidents from statistics published between 2001 and 2020 in our country. The data of the relevant parameters were revealed by using the MATLAB application for the predictions to be made. Annuals published by the social security institution were used in the data used in the thesis study. In addition to the annuals of the social security institution, the statistics published by the relevant stakeholder ministries emphasized the importance of the issue and tried to reveal the extent of the material and moral problems that may arise. First of all, between 1999-2019, the number of compulsory insurance and the total number of occupational accidents and artificial neural networks were trained, and the average age of the female and male employees who had a fatal work accident, permanent incapacity and work accident was estimated. Then, from the general to the specific, the data obtained from the SSI Statistical Yearbooks, the total numbers of occupational accidents and compulsory insurance related to human health services between 2001 and 2020 were used as inputs. Based on these values given as input, the distribution of temporary and permanent incapacity for work, the number of work accidents by gender and the distribution of the number of temporary and permanent incapacity for work by gender were estimated using artificial neural networks. Finally, between 2013 and 2020, the number of compulsory insured in human health services, the number of work accidents and the artificial neural network were trained to provide Hospital services, General medicine practice activities, Specialist practice activities, Dentistry-related practice activities and other services related to human health. The estimation of the total number of men and women who had occupational accidents among the insured working in the fields of employment was made. Based on the estimations made, opinions and suggestions were made in order to prevent our employees from being exposed to occupational accidents, together with preventive approaches against possible occupational accidents in human health services. In this thesis I have done, based on the above-

mentioned data, solution proposals for the measures to be taken as a result of the prediction of work accidents that may occur in the coming years with the artificial neural network method have been discussed. As a result, the importance of a proactive approach in occupational health and safety was emphasized and opinions and suggestions on this subject were examined.

Keywords: Artificial Neural Networks, Occupational Accident, Occupational Health and Safety, SSI Statistics

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	5
ÖZET	7
ABSTRACT.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiv
TABLO LİSTESİ.....	xv
GRAFİK LİSTESİ	xvi
KISALTMALAR.....	xviii
BÖLÜM 1: GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2: GENEL KAVRAMLAR	5
2.1 İŞ KAZASI KAVRAMI.....	5
2.1.1 İş Kazasının Tanımı.....	5
2.1.2 İş Kazalarının Yasal Şartları.....	8
2.1.2.1. Sigortalı Kavramı.....	8
2.1.2.2. Olayın Kanunda Sayılan Hallerden Birinden Olması	9
2.1.2.3. Kaza Olayı ile Sigortalının Uğradığı Zarar Arasında Nedensellik Bağının Bulunması	11
2.1.3 İş Kazalarının Etkileri ve Yol Açtıkları Kayıplar.....	12
2.1.3.1. İşçi Açısından Kayıplar.....	13
2.1.3.2. İşyeri Açısından Kayıplar	14
2.1.3.3. Ulusal Ekonomi Açısından Kayıplar	15
BÖLÜM 3: İŞYERİ VE ÇALIŞANLARA İLİŞKİN İSTATİSTİKLER	18
3.1 GENEL İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ	18
3.2 İŞYERİ BÜYÜKLÜĞÜ BAZINDA İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ	22
3.3 SEKTÖREL BAZDA İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ	24

3.4 BÖLGESEL BAZDA İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ	28
3.5 ÇALIŞMA SÜRESİ VE ÇALIŞMA SAATLERİ BAZINDA İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ	30
3.6 İŞ KAZALARININ KAZA SEBEPLERİNE GÖRE İSTATİSTİKLERİ	33
BÖLÜM 4: YAPAY SİNİR AĞI NEDİR?	35
4.1 YAPAY SİNİR AĞLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ VE BU ALANDA YAPILAN ÖNEMLİ ÇALIŞMALAR.....	35
4.2 YAPAY SİNİR AĞLARININ BİLİNEREN ÖZELLİKLERİ.....	36
4.3 YAPAY SİNİR AĞLARININ ORTAYA ÇIKARDIĞI OLUMSUZLUKLAR	38
4.4 YAPAY SİNİR AĞLARININ AVANTAJLARI VE KULLANIM ALANLARI...	39
4.5 YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI VE TEMEL ELEMANLARI.....	41
4.5.1 Biyolojik Sinir Hücresi	41
4.5.2 Yapay Sinir Hücresi.....	42
4.6 BİYOLOJİK VE YAPAY SİNİR AĞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	47
4.7 YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI.....	47
4.8 YAPAY SİNİR AĞLARININ SINIFLANDIRILMASI (YSA MİMARİSİ)	50
4.8.1 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları	51
4.8.2 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	52
4.9 YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME STRATEJİLERİ	52
4.9.1 Eğitici (Supervised) Öğrenme	53
4.9.2 Destekleyici (Reinforcement) Öğrenme	53
4.9.3 Eğitici (Unsupervised) Öğrenme.....	54
4.10 YAPAY SİNİR AĞLARININ TEST EDİLMESİ	55
4.10.1 Doğrusal Olmayan Otoregresif Sinir Ağları.....	55
BÖLÜM 5: YÖNTEM.....	57
5.1 ÇALIŞMA ALANI	57
5.2 METOT	57

5.2.1 Veri Seti ve Veri Toplama Araçları.....	58
5.2.2 MATLAB Uygulaması	58
5.2.3 Tahmin Yöntemleri.....	58
5.2.4 Zaman Serileri	60
5.2.5 YSA Tahmin Modelinin Performansı.....	61
5.3 BULGULAR	62
BÖLÜM 6: TARTIŞMA.....	72
6.1 SONUÇ	74
6.2 ÖNERİLER	77
KAYNAKÇA.....	79
ÖZGEÇMİŞ	85

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1: İş kazalı, Ölümlü İş Kazaları ve Meslek Hastalığına Yakalananların Cinsiyete Göre Dağılımı (2013-2018)	23
Şekil 3.2: Ölümlü İş Kazaları ve Yüz Binde Ölümlü İş Kazalarında İlk Beş İl (2018).....	31
Şekil 3.3: İş Kazalı Çalışanlar ve Ölümlü İş Kazası Geçiren Çalışanların Çalışma Süresine Göre Dağılımı (2018)	32
Şekil 4.1: Biyolojik Sinir Hücresinin (Nöron) Yapısı (Fausett, 1994)	43
Şekil 4.2: McCulloch-Pitts Nöron Modeli (Barutçu, 2016).....	44
Şekil 4.3: Modern Nöron Modeli (Barutçu, 2016)	45
Şekil 4.4: Aktivasyon Fonksiyonu Örnekleri (Barutçu, 2016)	47
Şekil 4.5: Yapay Sinir Ağlarının Kara Kutu Benzetmesi (Öztemel, 2012)	49
Şekil 4.6: YSA'yı Oluşturan Tabakalar (Barutçu, 2016).....	49
Şekil 4.7: Bir Yapay Sinir Ağı Örneği (Öztemel, 2012).....	50
Şekil 4.8: Çeşitli Yapay Sinir Ağı Mimarileri (Kartalopoulos, 1996).....	51
Şekil 4.9: Çeşitli İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Mimarileri (Barutçu, 2016)	52
Şekil 4.10: Eğitici Öğrenme (Masters, 1993)	54
Şekil 4.11: Destekleyici Öğrenme (Masters, 1993)	55
Şekil 4.12: Eğitici Öğrenme (Masters, 1993).....	55
Şekil 4.13: Paralel NARX Mimarisi (Yılmaz, 2015).....	57
Şekil 5.1: Tasarımı Yapılan YSA Modeli.....	60

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1: İş Kazalarının Değerlendirmesinde Kullanılan Göstergeler.....	19
Tablo 3.2: İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri (2013-2018).....	20
Tablo 3.3: İş Kazalı, Ölümlü İş Kazalılar ve Meslek Hatalığına Yakalananların Cinsiyete Göre Dağılımı (2013-2018)	23
Tablo 3.4: İş kazası ve Ölümlü İş Kazası Geçiren Çalışan Sayısının İşyeri Büyüklüğüne Göre Dağılımı (2013-2018)	24
Tablo 3.5: İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Sektörlere Göre Dağılımı (2018).....	25
Tablo 3.6: İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının İllere Göre Dağılımları (2018)	29
Tablo 3.7: İş Kazası Geçirenler ile İş Kazası Sonucu Ölenlerin Çalışma Süresine Göre Dağılımı (2018).....	32
Tablo 3.8: İş Kazası Geçirenler ile İş Kazası Nedeniyle Ölen Çalışanların Kaza Sebeplerine Göre Dağılımı (2018).....	34
Tablo 4.1: Biyolojik ve Yapay Sinir Ağlarının Karşılaştırılması (Karahan, 2011)	48
Tablo 5.1: Model Parametreleri	61
Tablo 5.2: YSA Tahmin Performans Sonuçları	62
Tablo 5.3: Çalışmada Kullanılan Türkiye Geneli Veriler (2001-2020 Yılı Verileri)	63
Tablo 5.4: SGK Verilerine Göre Tahmini Ölümlü İş Kazası İstatistikleri	63
Tablo 5.5: SGK Verilerine Göre Sürekli İş Göremezlik İstatistikleri	64
Tablo 5.6: Çalışmada kullanılan İnsan Sağlığı Hizmetleri Verileri (2001-2020 Yılı Verileri).....	66
Tablo 5.7: Hareketli Ortalamalarla elde edilen 2021-2030 yılları arası Toplam İş Kazası Tahmini	67
Tablo 5.8: Hareketli Ortalamalarla elde edilen 2021-2030 yılları arası Toplam İş Göremezlik Tahmini	69
Tablo 5.9: Hareketli Ortalamalarla Elde Edilen 2022-2030 Yılları Arası Sigortalı Sayısı Tahmini	70
Tablo 5.10: Hareketli Ortalamalarla Elde Edilen 2022-2030 Yılları Arası Cinsiyete Göre Geçici İş Göremezlik Tahmini.....	71

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 3.1: İş Kazası, Ölümlü İş Kazası ve Fatalite Hızlarının Yıllar İtibari ile Dağılımı (2013-2018).....	20
Grafik 3.2: Yüz binde İş Kazalı ile Ölümlü İş Kazalıların Yıllar İtibariyle ile Dağılımı (2013-2018).....	21
Grafik 3.3: İş Kazaları Sonucu Kaybedilen Gün Sayısı ve İş Kazası Ağırlık Hızının Yıllara Göre Dağılımı (2013-2018)	21
Grafik 3.4: İş Göremezlik Sürelerine Göre İş Kazalıların Dağılımı (2013-2018).....	22
Grafik 3.5: İşyeri Büyüklüğüne Göre Yüz Binde İş Kazalı Oranları (2013-2018)	24
Grafik 3.6: İşyeri Büyüklüğüne Göre Yüz Binde Ölümlü İş Kazalı Oranları (2013-2018)	24
Grafik 3.7: Sektörel Bazda Yüz Binde İş Kazalı Oranları (2018)	26
Grafik 3.8: Sektörel Bazda Yüz Binde Ölümlü İş kazalı Oranları (2018).....	26
Grafik 3.9: Sektörlere Göre Meslek Hastalığına Yakalanan Sigortalı Sayıları (2018).....	27
Grafik 3.10: Meslek Hastalıklarının Tanı Gruplarına Göre Dağılımı (2018).....	28
Grafik 3.11: Meslek Hastalıklarının Meslek Gruplarına Göre Dağılımı (2018)	28
Grafik 3.12: Meslek Hastalığına Yakalanan Sigortalı Çalışanların Çalışma Sürelerine Göre Dağılımı (2018).....	33
Grafik 3.13: İş kazası Geçiren Sigortalıların İş Kazasının Meydana Geldiği Saat Aralıklarına Göre Dağılımı (2018)	33
Grafik 3.14: İş Kazalarının Sebeplerine Göre Dağılımı (2018).....	34
Grafik 5.1: Ölümlü İş Kazası Tahmini	64
Grafik 5.2: Sürekli İş Göremezlik Tahmini	65
Grafik 5.3: Çalışmada kullanılan İnsan Sağlığı Hizmetleri Verileri Grafiği	67
Grafik 5.4: Toplam İş Kazası Tahmini Değerleri	68
Grafik 5.5: Toplam İş Göremezlik Sayısı	70
Grafik 5.6: Toplam Sigortalı Sayısı Tahmini	71

Grafik 5.7: Hareketli Ortalamalarla Elde Edilen 2022-2030 Yılları Arası Cinsiyete Göre Geçici İş Göremezlik Tahmini.....	72
--	----

KISALTMALAR

AÇSHB	Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı
ADALINE	Adaptif Lineer Nöron
ARIMA	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama
ÇKA	Çok katmanlı algılayıcılar
DSP	Diğer Sağlık Personeli
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
İGU	İş Güvenliği Uzmanı
İKS	İş Kazası Geçiren Sigortalı Sayısı
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
İSGGM	İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
İYH	İşyeri Hekimi
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
LVQ	Öğrenme Vektör Nicemlemesi
MADALINE	Adaptif Lineer Nöronun İki Tabakalı Biçimi (Multiple Adaline)
MATLAB	Matris Laboratuvarı (Matrix Laboratory)
NAR	Doğrusal Olmayan Otoregresif Ağ
NARX	Doğrusal Olmayan Otoregresif Eksojen
NACE KODU	Avrupa Topluluğu'ndaki Ekonomik Faaliyetlerin İstatiksel Sınıflandırılması
NOR-SA	Otoregresif Sinir Ağları
NS	Nöron Sayısı
PBN	Olasılığa Dayalı Yapay Sinir Ağları
RBN	Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları

SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
TDK	Türk Dil Kurumu
TKA	Tek Katmanlı algılayıcılar
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
YÖK	Yükseköğretim Kurumu
YSA	Yapay Sinir Ağları

BÖLÜM 1: GİRİŞ

Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliğine dair yapılacak çalışmalar, 30 Haziran 2012 tarihinde resmî gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun özel sektör ve kamu ayrımı yapmaksızın tüm çalışanları iş sağlığı ve güvenliğinin kapsamına almasıyla birlikte yeni bir yaklaşımın içerisine girmiştir. Geçmiş dönemlerden bugüne süregelen ve iş sağlığı ve güvenliğinde kabul gören reaktif yaklaşım yerini proaktif bir anlayışa bırakmıştır. İş sağlığı ve güvenliği kanunu, devlet, çalışan ve işverenlere birçok yükümlülük ve sorumluluklar getirmekle birlikte aslında temelde iş kazası ve meslek hastalıklarının önüne geçerek toplumun çalışan ve üreten kesiminin daha sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamına sahip olmasını amaçlamaktadır. Böyle bir çalışma ortamına sahip olmanın da toplumun büyük bir kesiminin iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili kayda değer bir güvenlik kültürü seviyesine ulaşmasıyla mümkün olacağı yadsınamaz bir gerçektir. Buradan hareketle iş sağlığı ve güvenliğinin paydaşları iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin işletmelerde artırılması ve bir güvenlik kültürünün oluşması adına çok önemli çalışmaları hayata geçirmişlerdir. Kanunun ilk çıktığı günden bugüne ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin her geçen gün artması, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin çeşitli üniversitelerde müfredata girmesi, lisans ve ön lisans programlarının çoğalmasıyla, eğitim almış uzmanların yetişmesi işverenlerin, iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerine ulaşması noktasında önemli kazanımlar sağlamıştır. İş sağlığı ve güvenliği hizmeti alarak işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliğine önem veren kamu ve özel sektör işletmelerinin en önemli amacı iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan araştırmalar iş kazalarının %98'inin, meslek hastalıklarının %100'ünün önlenilebilir olduğunu göstermektedir (Yılmaz, 2014).

İş kazalarına gerek maliyet gerek ise iş gücü kaybı açısından bakıldığında devlet ve işletmelere yüksek maliyetler getirdiği gibi çalışan açısından da telafisi mümkün olmayan birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Bundan dolayıdır ki devletimiz çalışanlarını korumak adına birçok politika üretmekte, bünyesinde kurumlar oluşturmakta, eğitilmiş çalışanlar yetiştirmek için okullar açmakta ve iş sağlığı ve güvenliği kültürünün yerleşmesi adına yükseköğretimden ilkokullara kadar birçok faaliyet yürütmektedir. Yürütülen faaliyetlerin temelinde iş kazalarını sıfıra indirmek yatmaktadır. Yaşanan iş kazaları; doğrudan ve dolaylı olarak devlet, işveren ve çalışanları maddi ve manevi olarak etkilemekte bazı durumlarda insan hayatının sona ermesiyle sonuçlanmaktadır. Bu yüzden aileler yıkılmakta, devletler yetişmiş iş gücü kaybına uğramakta, işletmeler çok büyük

maddi kayıplarla birlikte, üretim kaybına da uğramaktadır. Bu gibi durumlardan da ziyade sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamında çalışmak insana verilen değerinde bir ölçüsü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilimsel gelişmeler ışığında bakıldığında en büyük yatırımın insana yatırım olduğu gerçeği unutulmamalıdır. Bu yüzden ki iş hayatında çalışanın sağlık ve güvenliğini temel alan yaklaşımlar daima kazandırmış, önlemenin ödemekten ucuz olduğu gerçeği birçok kez ispatlanmıştır.

Dünyada teknolojinin her geçen gün birçok yenilikle karşımıza çıkmasıyla birlikte iş sağlığı ve güvenliğinde de yeni yöntemler ve yeni yaklaşımlar günden güne artmaya başlamıştır. Özellikle 11 Mart 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından küresel salgın olarak adlandırılan Covid-19 pandemisi ile dijital dünyaya hızlı bir geçiş gerçekleşmiş ve bundan iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri de etkilenmiştir. Pandemi ile hayatımıza birçok yenilik girmiş, iş hayatı başta olmak üzere birçok alanda yepyeni bir dünyayla karşı karşıya kalmış durumdayız. Değişen şartlar iş dünyasını üretimde yeni teknolojilere yönelmek zorunda bırakmıştır. İş sağlığı ve güvenliğinin devamlılığının sağlanması, her şartta çalışanların sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sürdürmesi, oluşabilecek iş kazalarının önüne geçilmesi nedeni ile iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında da çok hızlı bir yenilenme süreci başlamıştır. Yaşanan bu süreç özellikle yapay sinir ağlarını temel alan teknolojik yaklaşımlarını temel alan çalışmaların artmasıyla, eğitim, sağlık vb. başta olmak üzere iş güvenliği hizmetlerinde de yepyeni bir dünyayla uyanmamıza sebep olmuştur. Öyle ki daha önceden nadiren görülen yapay zekâ uygulamalarıyla, uygulamalı iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri çok hızlı bir şekilde yaygınlaşmaya başlamış ve yapay sinir ağları denilen yöntemler iş sağlığı ve güvenliğinin devamlılığının sağlanması için çok büyük bir öneme sahip olmuştur. Yapay zekâ tabanlı çalışan yöntemler, insan zekâsına bağlı olarak yapılabilecek ve insan beyni tarafından zekice olarak tasvir edilen davranışlarının günümüz teknolojisiyle donatılmış makine ya da cihazlar tarafından modellenmesidir. Yapay zekâ tabanlı geliştirilmiş yöntemlerden beklenen ise, insana has bir özellik olan düşünme yeteneğinin bilgisayar programları aracılığı ile kopyalayarak, bilgisayarlara, insana ait bir özellik olan öğrenme yeteneği kazandırabilmektir (Öztemel, 2012). Günümüzde kullanılan yapay zekâ yöntemlerinin başlıcaları; Uzman Sistemler, Bulanık Mantık, Sinirsel Bulanık Sistemler, Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Genetik Algoritmalar olarak sayabiliriz. Uzman sistemler, bir kurala bağlı olarak çalışan yapay sinir ağı tabanlı sistemler olarak tarif edilebilir. Uzman sistemlerde kullanılan kurallar, çalışılacak alanda uzmanlaşmış bir insanın düşüncesi veya tecrübesi temel alınarak ortaya çıkarılmıştır. Bir uzman tarafından

düşünülebilecek kurallar, insanların bir olay karşısında sebep-sonuç ilişkisine dayandırılarak nasıl bir karar verme yeteneği geliştirebileceği gibi mantıklı bir çıkarım yapmak için kullanılır (Bilir, Bucak, & Gönül, 2015).

Bir diğer yapay sinir ağı tabanlı sistemlerden bulanık mantık yöntemi de aynı uzman sistemler gibi kural tabanlı bir sistem olarak tanımlanabilir. Ancak bulanık mantık yönteminde nitelendirmeler, uzman sistemlerin haricinde, isminde de anlaşılabacağı üzere, insanların günlük hayatta yaptığı betimlemeler kadar kesinlik içermemektedir. Bulanık mantık yöntemi bu özelliğinden dolayı, insanların günlük hayatlarında kesin olarak tasavvur edemedikleri olaylar karşısında verebilecekleri tepkilerin ortaya çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Bu özelliğiyle diğer yöntemlerden ayrıldığını söyleyebiliriz. Yapay sinir ağları, insan davranışları neticesinde ortaya çıkan olayların örneklerini inceleyip, bu olaylar hakkında genelleme ve buna bağlı bir tahmin yaparak ilerde ortaya çıkabilecek örnekler hakkında mantıklı sonuçlar veren sistemlerdir. Yapay sinir ağı tabanlı çalışmalar, 1990'lı yıllardan itibaren hız kazanmış bu alanda sayısız bilimsel araştırma yapılmış ve çok sayıda yapay sinir ağı tabanlı çalışma yapılabilen bilgisayar modelleri oluşturulmuştur (Ardıç, 2015).

İnsan, beyinde bulunan nöronlar sayesinde, öğrendiği ve tecrübe ettiği verileri yine beyinde bulunan bir diğer özellik sayesinde saklar ve gerektiğinde sakladığı verileri harekete geçirerek oluşan yeni durumlara cevap verir. Yapay sinir ağları da beynimizin bu şekilde yaptığı durumu benzer şekilde veri tabanında saklayıp hafızasına alır ve ilerde karşılaşılabilecek durumlara cevap verecek şekilde yapılır (Bilir, Bucak, & Gönül, 2015)

Yapay sinir ağlarının çalışma prensibi ile insanlarda bulunan sinir sisteminin çalışma şekli benzerdir. Yapay sinir ağı kullanılarak meydana getirilen sinir hücreleri algoritmalar yardımıyla birbirlerine bağlanarak bir yapay sinir ağı oluştururlar. Yapay sinir ağlarının birden çok boyutu bulunan, karmaşık, kesinliği olmayan, eksik yazılmış, hatalı çıkma olasılığı yüksek algılama verileri olduğu ve bahsedilen bu verilerden kaynaklı problemleri çözmek için mevcut matematiksel modellerin ve algoritma yazılımlarının bulunmadığı durumlarda yaygın olarak kullanıldıkları görülmektedir. Bahsedilen problemlerin çözülmesi amacıyla geliştirilmiş ağlar; önceden ortaya çıkması muhtemel fonksiyonlar, sınıflandırma yapmakta kullanılan yöntemler, ilişkilendirme veya birçok örneği eşleştirme, belirli bir yapıyı tanıma ve optimizasyon gibi fonksiyonları gerçekleştirmektedirler. İnsan beyinde bulunan öğrenme yeteneği, sinir ağlarımızın arasındaki etkileşim ve iletişimin

sonucu olarak ortaya çıkar. Beynimizin tamamını saran bu sinir hücreleri sayesinde, yeni bilgilerin önceki bilgilerle birleştirilmesi, daha önce edindiğimiz bilgilerin geri çağırılması nöron da denilen bu sinir ağları sayesinde gerçekleşmektedir (Temel & Temel, 2016).

Yukarıda verilen bilgiler ışığında ve ilerleyen bölümlerde detaylı bir şekilde anlatılacak olan yapay sinir ağlar yöntemiyle ülkemizde yaşanacak olası iş kazaları ve sigortalı sayılarından yola çıkarak iki farklı tahmin modellemesi yapılmıştır. Bu modellemelerde öncelikle ülkemizdeki toplam ölümlü iş kazası ve sürekli iş göremezlik tahminine dair genel bir değerlendirme, devamında ise insan sağlığı hizmetlerinde dair bir tahmin modellemesi yapılarak çıkan sonuçlar tartışılmıştır. Buradan sağlanacak bilgiler ışığında ilgili gruplarda yaşanacak iş kazalarının ve etkilerinin öngörülebilirliğini artırarak, gerek iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin, gerek ise işverenlerimizin, çalışanların yaşayabilecekleri ölümlü iş kazası, geçici ve sürekli iş göremezlik ve insan sağlığı hizmetlerindeki yaş, cinsiyet değerlerindeki çıkan tahminlere göre önleyici politikalar üretmelerine yardımcı olmak hedeflenmektedir. Yapay sinir ağlarının derin öğrenme teknikleri kullanılarak, çalışma ortamına dair güvensiz durumların tespiti, tehlikelerin önceden belirlenmesi, ramak kala olay kayıtlarının etkin olarak tutulması ve iş kazalarının meydana gelmeden önlemesine büyük katkı sunacağı ortadadır.

BÖLÜM 2: GENEL KAVRAMLAR

2.1 İŞ KAZASI KAVRAMI

Gelişmiş toplumlar artan sanayileşmeyle birlikte gelişen teknolojinin de yardımıyla çalışanlarının sağlıklı bir yaşama hakkına kavuşmasına daha çok itina gösterir hale gelmişlerdir. Çalışanın sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamında iş hayatını sürdürebilme hakkı, insan hakları kapsamında ele alınarak çalışanların fiziksel varlığını sürdürebilmelerinin güvencesini oluşturan yaşam hakkının bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Fişek & Piyal, 1989).

Günümüzde idarecilerin hedefi, yönettikleri toplumun, belirli standartlarının sağlandığı, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamında iş hayatlarını sürdürecektir yaşama imkânı bulmalarını sağlamaktır. Yaşanan iş kazaları bu hedef doğrultusunda belirtilen sağlıklı ve güvenli bir iş hayatını tesis etmek için oluşturulan politikaları negatif yönde etkileyecek etkenlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla dünyada hatırı sayılır sayıda ülke çıkardıkları kanun ve uygulamaya koydukları politikalarla iş kazalarını sıfıra indirmeyi amaçlasalar da maalesef gelişmiş ülkeler dâhil iş kazalarını tamamen engellemeyi başarmış bir ülke henüz yoktur. Ülkemizde de iş kazaları belirgin bir biçimde yaşanmaya devam etmekte ve alınan tüm önlemlere rağmen kabul edilebilir seviyenin üstünde kalmaktadır (Süzek, 1985).

2.1.1 İş Kazasının Tanımı

Kaza teriminin anlamına baktığımızda dikkat eksikliği, yapılan iş sonucu meydana getirilen faaliyete tam olarak hâkim olmama durumu, özensizlik, dikkatsizlik, tedbir almama şeklinde sebeplerle ortaya çıkan beklenmedik ve istenmeyen durum ya da olay olarak tanımlanabiliriz. İş kazası neticesinde ortaya çıkan olumsuz durum ya da olay işveren, çalışan gibi çevresindeki iş ve ekipmana çeşitli seviyelerde maddi ve manevi zarar verebilmektedir (Aygün, 1976).

İş kazaları, üretime bağlı olarak ortaya çıkan gelir girdilerinden yararlanma olanağını önemli düzeyde sınırlayan ya da ortadan kaldıran olaylardır. Başka bir deyişle, iş kazaları, üretimin vazgeçilmez bir parçası olan iş gücünün verimli çalışmasını ve üretimin kaliteli ve hızlı olarak sunulmasını sağlayan makine, araç-gereç ve donanımlarının normal yollardan işlevlerini görmesini engelleyen veya tamamen ya da kısmi olarak durduran ani

ve önceden planlanmamış olaylardır. İş kazaları anlatılan durumlarla beraber getirmiş olduğu sonuçlarla iş ve çalışan verimliliğini olumsuz yönde etkiler (Ünsar S. A., 1997).

İşyerinde meydana gelen bir olayın 5510 Sayılı Genel Sağlık Sigortası ve Sosyal Sigortalar Kanununun 13. maddesinde sayılan hallerden biri olması ve buna bağlı olarak iş kazası olarak tanımlanabilmesi için, gerçekleşen olayın işyeri ve çalışılan ortamla bir illiyet bağının olması gerekir. Kanunlarımızı ve çeşitli uluslararası örgütlerin verilerini incelediğimizde iş kazalarının birden çok tanımını görmek mümkündür. Buradan hareketle iş kazası kavramının literatürümüzde geniş yer bulduğu ve farklı farklı kaynaklarda oldukça geniş olarak ele alındığını görmekteyiz. İş kazaları ile alakalı olarak önem arz eden bir tanım şu şekilde verebiliriz: İş dünyası içerisinde her türlü iş ve endüstri çalışmaları sonucu ortaya çıkan, çalışanın hem kendine hem de çalıştığı çevreye maddi zarar verebilecek istenmeyen olaylara iş kazası denir. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere iş kazalarında kazayı ortaya çıkaracak tehlikeli durum/davranış ve buna bağlı olarak da maddi ve/veya manevi zarar unsurlarının bulunması gerekir (Uyargil, 2010).

Yine sağlık konularında önemli çalışmalara imza atan, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise iş kazasını tanımlarken “*önceden planlanmamış, birçok vakit kişisel yaralanmalara, makinelerin, araç ve gereçlerin zarara uğramasına yahut üretimin bir süre durmasına yol açan olay*” ifadelerini kullanmaktadır (Yılmaz, 2013).

Bir diğer uluslararası faaliyet gösteren bir çalışma örgütü olan Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ise, iş kazası tanımını yaparken “*belirli bir zarar yahut yaralanmaya yol açan, önceden planlanmamış beklenmedik vaka*” şeklinde bir ifade kullanarak dünya sağlık örgütünden farklı bir tanım yapmaktadır (www.ilo.org.tr, 2022).

Devamında kanunlarımıza baktığımızda bir olayın iş kazası olarak sayılmasının şartlarının sıralandığı, 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun 13. Maddesinde ise iş kazası:

Kanunun 4. Maddesi, birinci fıkrasının (a) bendi kapsamında çalışan sigortalının;

- a) Çalışanın işyerinde bulunmuş olduğu sırada,*
- b) İşveren tarafından yürütülmekte olan iş dolayısıyla,*
- c) Görevli olarak işyeri haricinde başka bir yere gönderilmesi sebebiyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanda,*

d) Emziren kadın sigortalının, iş mevzuatına doğal olarak olup olmadığına bakılmaksızın yeniden bu mevzuatta belirtilen sürelerde çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,

e) İşverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında,

Yürütmekte olduğu iş sebebiyle işyeri haricinde meydana gelen çalışanı “bedenen” yahut “ruhen” engelli hale getiren olayı iş kazası olarak tanımlamaktadır (www.resmigazete.gov.tr, 2006).

Yukarıda maddeler halinde sayılarak açıkça belirtildiği üzere, Sosyal Güvenlik Kurumunca meydana gelen olayın iş kazası sayılabilmesi için kanunda belirtilen hallerden olması ve sigortalıyı hemen yahut sonradan bedenen ya da ruhen engelli hale getirmesi gerekmektedir.

Kanunun çizdiği çerçeveden bakıldığında ortaya çıkan durumun iş kazası olup olmadığına karar verilebilmesi için ilk önce iş kazasına maruz kalan bireyin evvela sigortalı olması, kesinlikle kanunda kaza olarak sayılacak bir durum ile karşılaşmış olması, kaza sebebiyle ortaya çıkan durum nedeniyle bedence ya da ruhen engelli uğraması hallerinin bir arada bulunması gerekmektedir (SGK, www.sgk.gov.tr, 2022).

Sigortalının bir iş kazası nedeniyle bedenen veya ruhen uğradığı zarar ya da kaza sonucu vefat etmesiyle geçirdiği iş kazası arasında var olan illiyet bağının, o kazanın iş kazası sayılıp sayılmaması açısından önem taşımaktadır. Ülkemizde meydana gelen bir iş kazası davasında Yargıtay tarafından verilen kararda şu şekilde denilmektedir “...şayet sigortalının güneş çarpması nedeniyle fenalaşıp kalmış olduğu otelde kalp krizinden ölmesi olayı arasında uygun bir neden sonuç ilişkisi varsa, böyle bir ölüm olayı iş kazası sayılmaktadır” (Y9HD,4.5.1970, E. 2909, K. 4545).

Konuya iş sağlığı ve güvenliği açısından bakıldığında; “iş kazaları, işçinin çalıştığı süre boyunca harcadığı emek, yaptığı işin vasfı ve işin yürütülmesi ya da kullanılan iş ekipmanı, ilgili araç-gereç nedeniyle uğramış olduğu kaza sebebiyle, meslekte kazanma gücünün tamamını veya bir bölümünü kaybetmiş olduğu olaylardır.” biçiminde tanımlandığı görülmektedir (Dizdar, 2001).

Çalışma hayatımıza 30.06.2012 yılı itibariyle yayınlanarak giren İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununda iş kazası; “işyerinde ya da işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme

sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da beden en engelli hale getiren olay” olarak tanımlandığını görmekteyiz (www.resmigazete.gov.tr, 2012).

Buraya kadar yapılan tanımlardan hareketle özetlenecek olursa iş kazası, çalışanların işyerinde çalıştığı süre esnasında, işe giderken ya da iş yerinde geçirdiği süre içerisinde çalışana zarar veren, işyerinde hasar meydana getiren, üretimde veya süreçte yavaşlamaya, işin kısmi veya tamamen durmasına sebep olan ve hizmet kaybına neden olabilecek istenmeyen vakalar olarak tanımlanmaktadır (Özkılıç, 2005).

2.1.2 İş Kazalarının Yasal Şartları

İş kazalarında, sigortalı çalışanların yürütmekte oldukları iş nedeniyle, işyerinde bulunduğu sırada kazaya uğraması, ilgili kanunda sayılan hallerden birini taşıması ve olayla arasında bir illiyet bağının olması şartı aranır. Kaza olayının iş yerinden sayılan ve kanunlarda belirtilen yerlerde vuku bulması esastır. 5510 Sayılı İş Kanununun alakalı 11. Maddesine bakılırsa sigortalı çalışanlar açısından hem maddi olan veya hem de olmayan unsurları içeren iş edimini yerine getirdikleri alanlar iş yeri olarak nitelendirilmekte ve işverenin kontrolünde olsun ya da olmasın çalışma saatleri içerisinde işverenin sorumluluk alanı da işyeri olarak değerlendirilmektedir. Kanunda işverenin sorumluluğunda olan her türlü çalışma alanı iş yeri sayılmaktadır. Ayrıca işverenin sorumluluğu altında olup çalışanın asıl işini yapmadığı yerlerde kazaya maruz kalınırsa yine iş kazası kapsamına girmekte olduğu da unutulmamalıdır. İş yeri tanımı içerisinde iş ile bağlantılı olan bina ve eklentileri, iş yerine ait yeme, içme ve dinlenme vb. gibi sosyal alanları da iş yerinden sayılmıştır (Savran, 2017).

Bir olayın, iş kazası olarak sayılabilmesi için ortaya çıkan durumun, konu ile alakalı kanun hükümleri kapsamında olması 4. maddenin birinci fıkrasında belirtilen a, b kısımları ve 5. maddenin birinci fıkrasının a, b, c, e, g kısımlarında açık bir şekilde sayılan sigortalılar nezdinde gerçekleşmiş olması gerekmektedir. İş kazasına maruz kalan sigortalı çalışanlar dışındaki diğer sigortalılar ile kanunlarımızda sigortalı sayılmayan çalışanlara iş kazasına bağlı hukuki hükümlerin uygulanması söz konusu olmamaktadır (www.resmigazete.gov.tr, 2006).

2.1.2.1. Sigortalı Kavramı

Sanayi devriminden sonra artan işgücü ihtiyacıyla birlikte işletmelerde işçi sayıları çok önemli ölçüde artmış, toplumun çalışan yoğunluğu da buna bağlı olarak yükselmeye

başlamıştır. Hal böyle olunca işletme yöneticilerinin toplumun çalışan kesimleri için yasal düzenlemeler yaparak sosyal güvenlik konusunda ulusal düzeyde politikalar üretmesi zorunluluk haline gelmeye başlamıştır. Çalışanların sigortalı olması ve iyi bir sosyal güvence altında bulunması kavramsal olarak uluslararası bir konuya doğru evrilmiş ve gelişmiş ülkeler açısından iş hukukunun ayrılmaz bir parçası olarak uygulanması yönünde gündemdeki yerini her zaman korumuştur. Çalışanların sosyal güvence altına alınması, çağdaş toplumlarda, sosyal devlet algısının neticesi ve vazgeçilmesi düşünülemeyen haklardan birisi olarak çalışma hayatımızda yer almaya başlamıştır. Gelişmiş toplumlarda idareciler açısından iş hayatının önemli bir parçası olan ve aynı zamanda vatandaşlarına karşı sosyal devlet olmanın gereği olarak görülen, iş edimini yerine getiren çalışanlar içinse vazgeçilmez bir hak ve emeğinin karşılığı olarak sosyal bir güvence anlamına gelen sigortalılık terimi, emek ve çalışma hayatı için oldukça önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Sosyal güvenlik ve sigortalılık kavramı genel hatlarıyla toplumdaki her türlü hizmet alanında faaliyet gösteren fertleri kapsamakla beraber kendi özelinde kadın, genç ve çocuk çalışanlar içinse çalışma alanlarını kanunla sınırlamak kaydıyla sağlıklı ve güvenli bir alanda çalışma şartlarını sağlayacak sosyal hakları da bünyesinde barındırmaktadır. Böyle bir durumun sebebinin ise, üretim ve hizmet sektörünün önemli bir parçası olan çalışanların, çalışma hayatlarında karşılaşılabilecekleri risklere karşı devlet tarafından gerek kanuni gerek ise sosyal açıdan koruma altına alma gayretinin olduğu söylenebilir. Ülkemizde ve dünyada kabul gören iş hukukunun kaidelerine baktığımızda devletler, işveren ve işçi arasındaki ilişkileri tesis ederken sigortalı çalışanları esas almaktadır (Topgül, 2012).

2.1.2.2. Olayın Kanunda Sayılan Hallerden Birinden Olması

5510 Sayılı Kanunun 13. Maddesinde sayılan hükümlere bakıldığında sigortalı çalışanın hangi durumlarda meydana gelen olaylarının iş kazası olarak öngörüldüğü belirtilmektedir. Ayrıca meydana gelen olayın yaptığı işle ilgili olup olmadığına bakılmadan işyeri sınırları dâhilinde veya bağlı binalarında, işe işverence sağlanan bir araçla gidiş-geliş sırasında, işverence görevli olarak gönderildiği asıl işini yapmadığı durumlarda ve emziren kadınların süt izinleri süresince başlarına gelen olaylar iş kazası olarak sayılmaktadır. Konunun daha iyi anlaşılması için açıklamanın daha somut hale getirilmesi için çalışanlardan örnekler verilebilir. Çalışanın işyeri sınırları içerisinde yürüyüş halindeyken herhangi bir sebepten dolayı düşüp yaralanması, işyeri sınırları dâhilinde sosyal aktivite, yemek yeme ya da dinlenme alanındayken düşerek herhangi bir vücut parçasını yaralaması veya zedelemesi,

hatta yıllık izinli olduğu bir dönemde iş yeri sınırları sayılabilecek yerlerde başına gelen herhangi bir kaza olayı neticesinde yaralanması veya ölmesi iş kazası kavramı içerisinde ele alınır (TMMOB, 2010).

İş kazalarının sonuçlarına dair hukuki düzenlemeler incelenirken önem arz eden bazı durumların ortaya çıktığı görülmektedir. Kanunlarımızda iş kazaları için sayılan hallere bakıldığında sigortalı çalışanın geçirdiği kaza ya da olay neticesinde, kaza esnasında veya sonrasında ruhsal ve fiziksel olarak bir engel yaşamasına neden olan vakalar iş kazası olarak değerlendirilmektedir. Sosyal güvenlik kurumumuz tarafından 2011 yılında yayınlanan genelgede kapsamında herhangi bir dış etkiye maruz kalmadan yani işin yürütümü nedeniyle veya işyerinden sayılabilecek bina ve eklentilerinde çalışanın kalp krizi ya da buna benzer bir hastalık hali nedeniyle başına gelecek bir olayın iş kazası olarak sayılamayacağı ifade edilmektedir. Çalışanın iş yerinde kalp krizi veya benzeri bir rahatsızlık nedeniyle bir olayla karşı karşıya kalması durumunda, kazayı tetikleyecek bir durumun olması ve yaşanan olayla bir nedensellik bağının da bir arada bulunmaması durumunda olayın iş kazası sayılmaması durumu söz konusudur (Savran, 2017).

İş hukukunun ilkeleri açısından bakıldığında çalışanın yürütölmekte olan iş nedeniyle ya da işe bağı bir sebeple uğradığı kazalar iş kazası olarak nitelendirilmektedir. Çalışanların 5510 Sayılı Kanunda belirtildiğı üzere işveren tarafından vazifeli veya görevli olmak kaydı ile iş yeri dışında bir yere yollanması sebebine bağı olarak yaşadıkları kazalar da iş kazası kapsamına girmektedir. Burada önem arz eden en önemli konu çalışanın uğradığı kazanın işveren tarafınca tevdi edilen işle ya da mevcut yürötmekte olduğı işle ilgili bir nedenden dolayı olup olmamasıdır. Ayrıca kazanın meydana geldiğı zaman çalışanın görevli olduğı yani işveren tarafından kendisine verilen süre içerisinde gerçekleşmiş olmalı, daha açık bir ifadeyle çalışma saatleri içerisinde yaşanmış olmalıdır. İşyerlerinde emziren kadın çalışanların kanunlarımızda süt izni olarak adlandırılan ve bu saatlerde yaşadıkları olumsuzlukların iş kazası tanımına uyan hallerden olmak kaydıyla yaşanması halinde işverene birtakım sorumluluklar yüklenmektedir. İlgili kanunun 4. Maddesine ilişkin birinci fıkra a bendi ve 5. maddenin a ve g bentlerinde bahsedilen sigortalıların 4857 Sayılı İş Kanunu 74. Maddesine dayanan kadın çalışanların çocuklarına süt vermek için ayrılan emzirme odalarında ve bu alanlara gidip gelirken başlarına gelen olaylarda kanunlarımızda iş kazasından sayılan haller olarak güvence altına alınmıştır. Ayrıca çalışanların iş yeri dışında görevli olmak kaydıyla işverence verilen bir iş yapmak amacıyla yapacakları

seyahatler nedeniyle gidiş ve gelişleri sırasında yaşanabilecek trafik kazası vb. durumlarda bu kapsamda iş kazası olarak ele alınmaktadır (Yazıcı, 2019).

Çalışanların iş akitlerini yerine getirmek için iş yerlerine gidiş gelişlerini gerçekleştirmek maksadıyla işverence sağlanan taşıtlar ve işe gidiş-geliş zamanlarında yaşadıkları ve aynı zamanda iş kazasından sayılan hallerden herhangi bir olay vuku bulursa bu gibi durumlarda iş kazası kapsamına alınmaktadır. Örneğin çalışanın kendi şahsi aracıyla ya da toplu taşıma aracıyla işe giderken geçirdiği trafik kazası iş kazası sayılmazken, işverence tahsis edilmiş herhangi bir araçla işe gidip gelirken yaşadığı trafik kazası iş kazası kapsamına girmektedir (Çatlı, 2019).

2.1.2.3. Kaza Olayı ile Sigortalının Uğradığı Zarar Arasında Nedensellik Bağının Bulunması

İş kazasından doğan hukuki sonuçların ortaya çıkması için yaşanmış olan iş kazası vakası ile çalışanın uğramış olduğu zarar arasında bir sebep netice ilişkisi olması yani, yaşanan olayla yürütülmekte olan iş arasında bir nedensellik bağının bulunması gerekliliği vardır. Her bir olay yaşandığı yer ve zamana göre incelenerek ilgili tarafların görüşleri doğrultusunda irdelenir. Nedensellik ya da illiyet bağı hakkında farklı fikir ve düşünceler ortaya atılmaktadır. Çalışanın başına gelen kaza olayı ile uğradığı hak kaybı arasında bir bağlantı yani nedenselliğin bulunması ve kanunda belirtilen (5510, Madde 13) hallerden sayılması olayın iş kazası olup olmadığı konusunda net bir tespitte bulunulmasına olanak sağlamaktadır. Çoğunlukla kabul gören yaklaşıma göre çalışanın uğramış olduğu kayıp ile iş kazası arasındaki nedensellik bağı belirlenirken yaşanan olayın işverenin sorumluluğunun altında yaşanmış olması, çalışma süresinden sayılan zamanlar içerisinde gerçekleşip gerçekleşmediği bir kural olarak benimsenmiş durum olarak ortaya koyulmaktadır. Ancak çalışanların başına gelen olaylardan bahsederken her bir olayın kendi yaşanmışlığının olduğu unutulmamalı ve her bir olayın mümkün olduğunca kendi bağlamında değerlendirilmesi gerçeği ve gerekliliği de unutulmamalıdır. Konuya farklı bir penceren bakmak gerekirse yaşanan kazaya bağlı olarak ortaya çıkan maddi ve manevi zarar açısından da bir illiyet bağlantısı kurulmasının yanı sıra, çalışanın yaptığı işi gerçekleştirirken mesleki ve kişisel becerisine göre görevlendirmesi ile yaşanan iş kazası ile arasında sebep-sonuç ilişkisi bulunması göz ardı edilmemelidir (Seratlı, 2003).

2.1.3 İş Kazalarının Etkileri ve Yol Açtıkları Kayıplar

İş kazalarına geneline bakıldığında lokal olarak değil de birden fazla alanda faaliyet gösteren iş kollarını ve bu iş kollarına bağlı olarak ortaya çıkan sektör çalışanlarını önemli ölçüde etkileyen bir olgu olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Burada bahsedilen iş kollarına bağlı ortaya çıkan endüstriyel sektörlerin arasında başlıca; maden, inşaat, lojistik, sağlık, kimya alanlarıyla ilgili faaliyet gösteren iş kolları sayılabilir. Ekonomik politikaların ve teşviklerinde etkisiyle sayılan sektörlerde sürekli bir istihdam alanı olduğu görülmektedir. Bu durum beraberinde iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili çalışmaların belli sektörlerde artmasını da beraberinde getirmektedir. Hem sektörel olarak bazı alanların önemli hale gelmesi hem de iş hayatımıza giren çeşitli yasal düzenlemelerin de katkısıyla beraber konuya dair bilimsel çalışmalar ve tartışmalar artmaya başlamıştır. Çoğu gelişmekte olan ülkeler ve bu ülkelerin de en başında gelen ülkemizde de her ne kadar kanuni düzenlemelere bağlı olarak, sivil toplum örgütleri ve üniversitelerin iş birliğinin artmasıyla önemli gelişmeler ve yetişmiş işgücüne yönelik faaliyetler hızlansa da henüz yaşanan iş kazalarının istenilen seviyelere indirildiğini söylemek pek mümkün değildir. Cumhuriyetin kuruluşundan bugüne konuyla ilgili önemli ölçüde sosyal duyarlılık oluşturma ve bilinçlendirme çabaları gösterilmesine karşın iş kazalarının önlenmesinde yeterince ilerleme sağlanamamış ve bilhassa inşaat, maden vb. gibi iş kollarında alınan tüm önlem ve devletin çıkardığı kanunlara rağmen ölümlü ve ciddi yaralanmayla sonuçlanan iş kazalarının yaşanmaya devam ettiği görülmektedir (Akıllı & Önder, 2013).

Bu kapsamda iş kazalarının önlenmesi, sağlık ve güvenli bir çalışma ortamının temin edilmesi amacıyla faaliyetlerini sürdüren, ülkemizin de bu konuda yayınladığı tavsiye kararlarının birçoğuna taraf olduğu ILO sözleşmelerinin tümü iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve iş kazalarının önlenmesini amaçlamaktadır. Avrupa Birliği uyum yasaları sürecinde hız kazanan iş sağlığı ve güvenliği faaliyetleri devlet tarafından çıkarılan 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunuyla tüm taraflara önemli sorumluluklar getirmiştir. Ayrıca üniversiteler, işveren ve işçi sendikaları gibi sivil toplum örgütleriyle iş birliği kurarak toplumda iş kazalarına olan farkındalığın oluşturulması ve iyi yetişmiş, eğitilmiş bir iş gücü hedeflemesiyle de iş kazalarının kabul edilebilir seviyelere indirilmesi amaçlanmıştır. İş kazalarının yaşanması sebebiyle ortaya çıkan sonuçlar nedeniyle çalışanların maddi ve manevi kayıplarının çok yüksek boyutlara ulaşması tüm dünyada konunun önemini ortaya koymakla birlikte işveren açısından bakıldığında, maddi zarar ve prestij kaybı, çalışan açısından bakıldığında ise meslekte kazanma gücü, ailesinin yaşadığı

travmatik durum ve en önemlisi hayatının sonlanması gibi tüm taraflar açısından maddi ve manevi kayıplar doğurmaktadır. Bu doğrultuda bakıldığında iş kazalarının maliyetinin en başta işçi, işveren ve ulusal ekonomiye uğrattığı zararlar açısından değerlendirilerek konuya bu minvalde bir yaklaşım sağlanması ülkelerin ekonomileri açısından çok büyük bir önem arz etmektedir.

2.1.3.1. İşçi Açısından Kayıplar

İş kazalarının neticelerinden en önemli ve geri dönüşü olamayan tarafı insan hayatının son bulmasıdır. Bir insanın hayatının kıymetini ölçmek ve maliyetinin parasal değerini ortaya koymak olası değildir. İş kazalarından doğan sonuçlara bakıldığında en büyük bedeli çalışan ödemektedir. İş kazasına bağlı olarak hayatını kaybeden işçinin kendisiyle birlikte ailesi de maddi, manevi ve ruhsal bir yıkıma uğramaktadır. Çalışanın, iş kazası sebebi ile çalışamaz hale gelmesi ya da meslekte kazanma gücünü kaybetmesiyle hem kişisel olarak kendisi dolaylı olarak da ailesi bu durumdan etkilenmektedir. Burada bahsedilen etkilenme, çalışanların yaşadığı ekonomik durumdan başlayıp, ruhsal ve psikolojik durumlarını etkilemeyle devam etmekte ve toplumsal düzeyde oluşacak sorunlara kadar uzanabilmektedir (Gürbüz, 2005).

İş kazasına bağlı yaşadığı durumdan dolayı çalışamayacak duruma gelen, sakat kalan veya meslekte kazanma gücünü belli ölçüde kaybetmesinden ötürü bekleyen en önemli sorunların başında işsizlik gelmektedir. İş kazasına bağlı olarak meslekte kazanma gücünü kaybeden çalışan kanunlarımızda belirtilen bir sosyal güvence kapsamında ise geçici ya da sürekli iş göremezlik ödeneği almaya hak kazanmaktadır. Burada çalışan açısından en kötü senaryo olarak karşımıza çıkan iş kazası sonrası sürekli iş göremez duruma düştüğünde geçimini sağlayacak geliri sağlama yeteneği ya zorlaşacak ya da tamamen ortadan kalkacak, devamında yapılacak rehabilitasyon sonrası daha düşük gelir getiren bir işte çalışmak zorunda kalacaktır. Ülkemizde sigortasız işçi çalıştırmanın yasak olmasına rağmen iş kazasına uğrayan işçi, kanunlarımız açısından sosyal güvence altında değilse ve yaşanan iş kazası sonucu ölümle ya da ciddi yaralanmayla sonuçlanmışsa yukarıda bahsedilen ihtimal de ortadan kalkmaktadır. Böyle bir durumda çalışan açısından bakıldığında hem kendisi hem de varsa ailesi açısından maddi ve manevi zararın boyutunun yüksek olduğu bir durumu ortaya çıkarmaktadır. Ülkemizde çalışanlarımızın ancak %35'inin kanunlarımızda belirtilen sigortalar kapsamında olduğu gerçeği göz önüne alındığında ve yaşanan iş kazalarının ölümle sonuçlananlarının büyük oranlara eriştiği

düşünüldüğünde konunun ne derece önemli olduğu, işçi açısından maliyetinin boyutlarının nerelere ulaşabileceği daha iyi kavranacaktır (Utaş, 2006).

2.1.3.2. İşyeri Açısından Kayıplar

Kanunlarımızda işverenler iş kazasının ve meslek hastalıklarının önüne geçmek maksadıyla teknolojinin getirdiği yenilikleri de göz önünde bulundurarak her türlü önlemi almakla yükümlüdürler. Sağlıklı ve güvenli çalışma ortamının tesisi işverenle birlikte çalışanların da görevleri arasındadır. İşletmeler yaşanan iş kazaları dolayısıyla doğrudan veya dolaylı olarak birçok yükümlülüğün altına girmektedirler. Oysaki iş kazalarını önleyen işletmeler bir yandan üretimde verimliliği ve kaliteyi artırırken diğer taraftan prestij ve itibar kazanarak kurumsal olarak da önemli kazanımlar elde etmektedirler.

Bir işletmede çalışanlar sık sık kazaya maruz kalıyorsa, alınan önlemler iş yerinde var olan potansiyel tehlikeleri ortadan kaldırmada yeterli olmuyor ve bu durum çalışanlarda da sağlık ve güvenlik yönünde olumlu yönde bir izlenim bırakmıyor ise, bu işletmede bir güvenlik kültürünün oluşmadığı kabul edilmelidir. İşletmelerde çalışanlar tarafından içselleştirilmeyen bir güvenlik kültürünün olmaması çalışanların iş yerinde her an kazalara açık olduklarını ve işletme yöneticileri tarafından kıymetli görülmediklerini düşünmelerine, kederli, kaygılı ve düşük moral ile mutsuz bir çalışma ortamında çalışmalarına ve tüm bu nedenlerden dolayı da üretimde verimliliğin düşmesine sebep olurlar (Tayfur, 2007: 25).

Ülkemizde çalışma hayatındaki sağlık ve güvenlik konularını kanunlardan 4857 Sayılı İş Kanunu ve 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanunlara bağlı olarak çıkarılan yönetmeliklerle tarafların hukuki yönden sorumluluk ve yükümlülükleri belirlenmiştir. İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili her türlü önlemi almak işverenin yükümlülüğünde olmakla beraber çalışanlara da alınan önlemleri uygulama ve tedbirlere harfiyen uyma yükümlülüğü getirilmiştir (Özbek, Ö. H. (2009). Yapılan düzenlemelerin en temel amacı tüm paydaşlarda bir güvenlik kültürü oluşturulması ve buna bağlı olarak iş kazalarını sıfıra indirme amacı yatmaktadır. İşletmeler iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili tedbirleri almadıklarında, çalışanların aidiyet duygusu önemli ölçüde zedelenmekte, iş kazası ve meslek hastalığı sonucu kalifiye eleman sorunu yaşamakta, maddi ve manevi olarak kayıplara maruz kalmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği ile alakalı düzenlemeler 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna bağlı olarak çıkarılmış yürürlükteki yönetmeliklere uygun olmak zorundadır.

İşletmeler yeterli bir iş güvenliği yönetimi sağlamakla yükümlüdürler. İş sağlığı ve güvenliği tedbir ve önlemlerini yeterli düzeyde alamayan işletmeler yaşanan iş kazalarının muhteviyatına göre karşı karşıya kalabilecekleri maddi zararlarını genel olarak şöyle özetlenebilir: Kazaya uğrayan çalışan ve ailesine ödenecek tazminatlar ve tedavi giderleri, iş kazası nedeniyle üretime ara verilmesinden dolayı üretim kaybı, iş kazası nedeniyle ortaya çıkacak araç- gereç ve makinalarda meydana gelen arızalar, ciddi yaralanma ve ölümle sonuçlanan iş kazası sonrası işçilerde meydana gelen moral bozukluğu ve huzursuzluk, yeni personelin işe katılımında, eğitimi ve ahenk sağlamasına yönelik çalışmaların artması, işletmenin kamuoyu nezdinde imajının olumsuz yönde etkilenmesi gibi önemli olumsuzlukları beraberinde getirmektedir (Kaysı Kınacıoğlu, 2019).

2.1.3.3. Ulusal Ekonomi Açısından Kayıplar

Dünyadaki yaşanan iş kazası ve meslek hastalıklarının İLO ve SSK istatistiklerine bakıldığında toplam maliyetinin yılda 1,2 trilyon dolar olduğu tahmin edilmektedir (Ceylan, 2011).

İş kazaları ülke ekonomisinin hem üreten hem de çalışan kesimini olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemiz ekonomisi açısından iş kazalarının maliyetlerinin ekonomik etkilerine bakıldığında;

- Üretime dayalı kaliteli verimin düşmesi, ülkenin diğer devletlerle olan rekabet gücünün azalması,
- İş kazası nedeniyle çalışanların işgücü kaybına bağlı olarak üretim ve gayrisafi milli hasılaya (GSMH) sağlayacakları katkının kaybedilmesi,
- İş kazası nedeniyle meslekte kazanma gücünü kaybedip işsiz kalan çalışanların ödeyecekleri sigorta primlerinden mahrum kalınması,
- Muayene, tanı ve tedavi için gerekli olan bütün harcamalara bağlı olarak ortaya çıkacak maddi kayıplar,
- İş kazası sonrası sosyal güvenlik kurumu tarafından ödenen veya ödenmeyen, Geçici ve sürekli iş göremezlik ödenekleri, maddi ve manevi tazminatlar, destekten mahrum kalma tazminatları nedeniyle uğranan kayıplar,
- İş kazasına bağlı olarak meslekte kazanma gücünü veya hayatını kaybeden çalışanlara malulen emeklilik aylığı, hayatını kaybeden çalışanların geride bıraktıkları aile bireylerine yapılan ödemeler nedeni ile ortaya çıkan maddi zararlar,

- İş kazası sonrasında çalışanların işe dönüş ve günlük yaşantıya adaptasyonu amacıyla, iyileştirme (rehabilitasyon) süreçler ve sağlık giderlerinden dolayı ortaya çıkan kayıplar,
- İş kazalarının istenilen seviyelere indirilememesi nedeniyle, artan maliyetlere bağlı olarak ülke ekonomisinin sağlayacağı faydanın negatif yönde seyretmesi,
- İş kazaların bağlı olarak artan maliyetler nedeniyle, yatırımların azalması, ülke kaynaklarının yeterli işgücü olmaması nedeniyle işletilememesi, milli kalkınmanın engellenmesi, milli refahın risk altına alınması gibi sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir (Özdemir, 2021).

İş kazaları nedeniyle kaybedilen iş gücüne bağlı olarak üretime katkı sunulmadığından dolayı ülkemiz adına ortaya çıkan katma değerde önemli bir düşüş olmaktadır. Bu durum milli ekonomimiz açısından yadsınamayacak büyüklükte kayıpları da beraberinde getirmektedir. Uluslararası çalışma örgütü (ILO) verileri incelendiğinde gelişmekte olan ülkeler bazında iş kazası ve meslek hastalıklarının sonuçları nedeniyle, gayri safi yurt içi hasıllarının (GSYİH) %4'ü kadar ekonomik kayıp yaşadıkları görülmektedir. İş kazalarının ülke ekonomimize katma değer olarak eksi yönde uğrattığı zararlara olarak işçi, SGK ve işveren açısından maddi ve manevi kayıp olarak ortaya çıkan zararları da eklemekte fayda vardır (Dağ, 2011).

İş kazalarının ortaya çıkardığı sonuçlara bakıldığında ramak kala olaylardan başlayıp çalışanların ölümüyle sonuçlanacak boyutlara ulaşacak olaylar olduğu görülecektir. Çalışanın yaşadığı yaşanan bir iş kazası, işveren açısından bakıldığında yetişmiş iş gücü kaybıyla beraber, ürettiği hizmette aksamalara ya da kayıplara neden olabilmektedir. Ürün ya da hizmet üretmedeki verimliliğin kaybedilmesi ya da üretimde yaşanabilecek herhangi bir aksama ile karşı karşıya kalınması, işverenin kazanç açısından zarara uğramasına sebep olabilmektedir. Bunların yanında yaşanan ölümlü bir iş kazası durumu işletmelerin, iş dünyasında büyük bir saygınlık kaybı yaşamalarına da sebep olabilmektedir. İşçi açısından bakıldığında bir nevi kazanın geliyorum dediği ramak kala olaylarla ve alınmayan iş güvenliği tedbirleriyle ortaya çıkan iş kazaları olayın boyutunun büyüklüğüne göre de çalışanlarda maddi ve manevi zararlara yol açmaktadır. Ayrıca iş kazasıyla karşı karşıya kalan bir çalışan uğradığı maddi kayıpların yanında ruhsal sorunlar da yaşayabilir. Bu ruhsal sorunları sadece kendi yaşayabileceği gibi, ciddi yaralanmalı ya da ölümlü veya meslekte kazanma gücü önemli ölçüde kaybeden çalışanın eş ve çocuklarının yaşayacağı maddi, manevi ve ruhsal sorunlarda çok önemlidir. Kısaca meydana gelen bir iş kazasının

boyutları değerlendirirken devlet, işveren, işçi ve ailesi göz önünde bulundurularak çok geniş bir çerçeveden değerlendirilmelidir (Ünsar A. S., 2004). İşveren çalıştırdığı süre boyunca çalışanın nasıl ki bedensel, ruhsal, bilgi, beceri ve deneyimlerinden faydalaniyor ise çalışanın yaşadığı iş kazasına bağlı olarak karşı karşıya kaldığı ölüm, sakatlık veya meslekte kazanma gücünü kaybettiği durumlarda da çalışana gereken desteği vermelidir. Meslekte kazanma gücünü geçici veya kalıcı olarak kaybeden işçi kısa ya da uzun zaman çalışamaz hale geldiği için sosyal güvenlik hukukuna göre bazı durumlarla karşı karşıya kalır. Böyle bir durumdan kedisi etkilendiği gibi ailesi için de üzücü sonuçlar ortaya çıkarmakta ve bu durumun ortaya çıkardığı ekonomik ve sosyal sonuçlar ise göz ardı edilemeyecek bir başka önemli husus olarak karşımıza çıkmaktadır (Ünsar A. S., 2004).

Buraya kadar iş kazalarının devlet, işveren ve çalışan yönünden ortaya çıkardığı sonuçlardan bahsedilmiştir. İş kazasının dolaylı ve doğrudan etkilediği kavramlar hakkında bilgiler verilmeye çalışılmıştır. Kanunlarımızda kullanılan kavramlarla birlikte bu durum desteklenmiştir. Anlatıldığı gibi her olayın iş kazası sayılmadığı ve her insanın başına gelen kazanında iş kazası olmadığı gerçeği anlatılanlardan yola çıkarak ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Fayda maliyet bakımından ortaya çıkan sonuç iş kazalarında önlemenin ödemekten ucuz olduğu gerçeğini bir kez daha karşımıza çıkarmaktadır. İşletmelerde yaşanan iş kazaları işverene maliyet, iş günü ve işgücü kaybı, çalışana da meslekte kazanma gücü kaybı gibi görünür ve görünmez birçok zararı ortaya çıkarmaktadır. Konunun temelinde en çok zarar gören paydaşların başında da devlet gelmektedir. İş kazası sonrası yapılan ödemelerden dolayı bütçenin önemli bir kısmı sosyal güvenlik ödemelerine ayrılmaktadır. Bu durumda ülkemiz ekonomisi açısından önemli bir durum olarak karşımıza çıkmakta ve kişi başına düşen gayri safi milli hasılanın düşmesi anlamına gelmektedir. Çalışmanın temelinde de ileriye dönük tahminler yürütülerek yaşanabilecek iş kazalarının önceden önlemleri alınarak bahsedilen maliyetlerin düşürülmesi, insan sağlığı ve hayatına gelebilecek zararların azaltılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda ülkemizdeki durum hakkında aşağıda bazı istatistiki bilgiler verilmiştir. Sosyal güvenlik kurumu tarafından her yıl yayınlanan istatistiklerden yola çıkarak derlenen ve ülkemizde yaşanan iş kazaları kaynaklı istatistikler, konunun daha da iyi anlaşılması açısından bir referans olacaktır. İstatistiklere bağlı olarak çıkarılan grafik ve şekillerde bahsedilen konulardan da anlaşılacağı üzere yaşanan iş kazalarına bağlı olarak ülke ekonomimiz, nitelikli işgücü kaybı ve işverenlerin ürettiği ürünlerde kalitenin ve verimliliğin düşmesi açısından önemli ölçüde etkilemektedir.

BÖLÜM 3: İŞYERİ VE ÇALIŞANLARA İLİŞKİN İSTATİSTİKLER

3.1 GENEL İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ

Ülkemizde iş kazaları ve meslek hastalıklarına dair istatistikler sosyal güvenlik kurumu tarafından her yıl yayınlamaktadır. Sosyal güvenlik kurumu tarafından resmi internet sayfasından yayımlanan istatistiklere bakıldığında birçok parametrenin verildiği görülmektedir. Yaş, cinsiyet, iş kazalarının illere göre dağılımı, meslek gruplarına göre dağılımı, geçici ve sürekli iş göremezlik süreleri gibi birçok başlıkta ülkemizde yaşanan iş kazası ve meslek hastalıklarına ait parametreler ilgili istatistiklerden bazılarıdır. Sosyal güvenlik kurumu istatistik yıllıklarında yayınlanan iş kazalarının değerlendirilmesinde ve analiz edilmesinde kullanılan birtakım göstergeler bulunmaktadır. Sosyal Güvenlik Kurumu istatistik yıllıklarında verilen bilgiler doğrultusunda iş kazalarına ait hesaplamalar ve analizlerin yapılması işletme ve kurumlar açısından önem arz etmektedir. Bu göstergelere ait tanım ve hesaplama yöntemleriyle ilgili bilgiler Tablo 3.1’ de verilmiştir (AÇSHB, 2020).

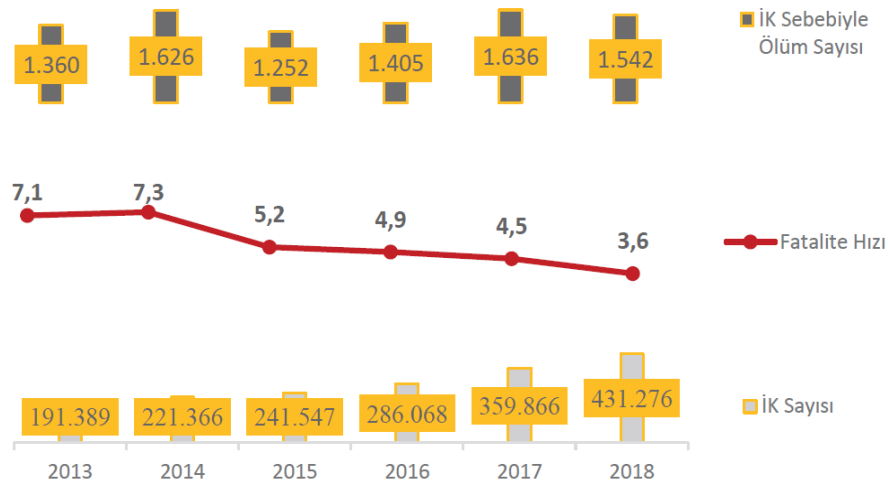
Tablo 3.1: İş Kazalarının Değerlendirmesinde Kullanılan Göstergeler

Gösterge	Tanım	Formül
Yüz binde iş kazalı oranı	100.000 çalışanda iş kazalı sayısı	$\text{İKS}/\text{ÇS} \times 100.000$
Yüz binde ölümlü iş kazalı oranı (mortalite hızı)	100.000 çalışanda ölümlü iş kazalı sayısı	$\text{ÖİKS}/\text{ÇS} \times 100.000$
İş Kazası sıklık hızı	Bir takvim yılında çalışan 1.000.000 iş saatinde iş kazası geçiren sigortalı sayısı	$\text{İKS}/(\text{PTEGS} \times 8) \times 1.000.000$
İş kazası ağırlık hızı	Bir takvim yılında çalışan 1.000.000 saatte iş kazası sebebiyle kaybedilen iş günü sayısı	$\text{TGK}/(\text{PTEGS} \times 8) \times 1.000.000$
Fatalite hızı	Tüm kazalılar içinde ölümlü kazalıların oranı	$\text{ÖİKS}/\text{İKA} \times 1000$

İş kazası ve meslek hastalıklarına ilişkin sosyal güvenlik kurumu istatistik yıllıklarından 2013’ten 2018 yılına kadar olan rakamlar aşağıdaki Tablo 3.2’de verilmiştir (SGK, <http://www.sgk.gov.tr>, 2022).

Tablo 3.2: İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri (2013-2018)

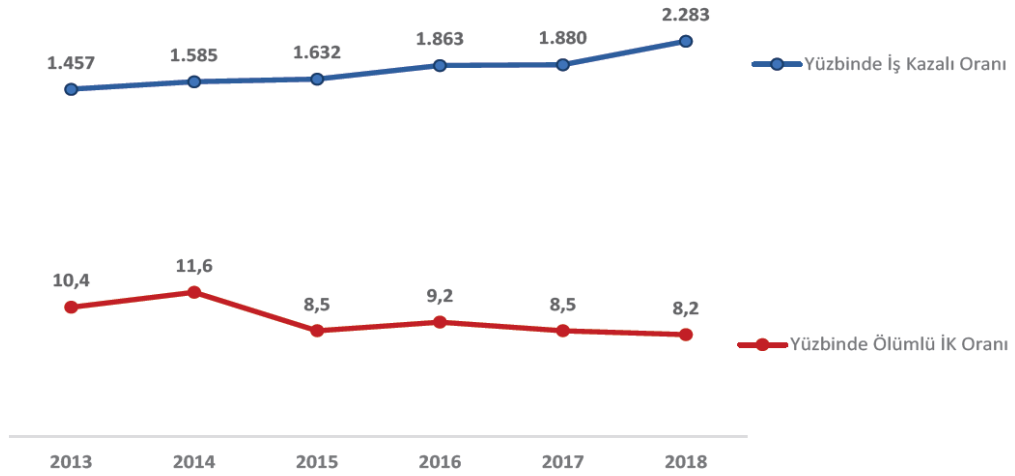
Yıllar	İş Kazalı sayısı	Yüz Binde İş Kazalı Oranı	Meslek Hastalığı Sayısı	Ölümlü İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde Ölümlü İş Kazalı Oranı (Mortalite Hızı)	Kaybedilen Gün Sayısı	Sürekli İş Göremezlik Geliri Bağlanan Kişi Sayısı	İş Kazası Sıklık Hızı	İş Kazası Ağırlık Hızı	Fatalite Hızı
2013	191.389	1.457	351	1.360	10.4	2.358.076	1.694	5.88	507	7.1
2014	221.366	1.585	494	1.262	11.6	2.067.532	1.509	6.51	514	7.3
2015	241.547	1.632	510	1.252	8.5	2.992.570	3.596	6.77	565	5.2
2016	286.068	1.863	597	1.405	9.2	3.453.853	4.642	7.9	665	4.9
2017	359.866	1.860	693	1.636	8.5	3.997.764	4.226	8.12	795	4.5
2018	431.276	2.283	1047	1.542	8.2	2.488.414	4.067	8.93	1044	3.6



Grafik 3.1: İş Kazası, Ölümlü İş Kazası ve Fatalite Hızlarının Yıllar İtibari ile Dağılımı (2013-2018)

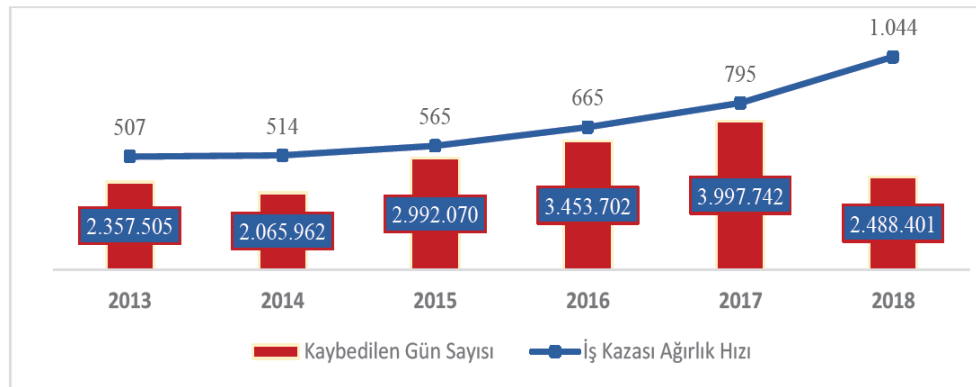
2013'ten 2018 yılına doğru iş kazası sayılarında belirgin bir artış olduğu yukarıda Grafik 3.1' de verilen istatistiklerden görülmektedir. İş kazası sayılarındaki artışın başlıca sebebi 2013 yılı itibariyle iş kazası bildirimlerinin elektronik olarak toplanmaya başlanmasıyla birlikte iş kazasına maruz kalan ve sosyal güvenlik kurumuna bildirim yapılan tüm sigorta kollarına ait iş kazası verilerinin de kurum tarafından yayınlanmaya başlamasıdır. Yukarıdaki bahsedilen benzer sebeplerden dolayı yüz binde iş kazalı oranı ve iş kazası sıklık hızı da artmıştır. 2017 yılından itibaren ise 4/a'lı sigortalı kapsamında çalışanların yanı sıra 4/b'li çalışanlarımıza ait iş kazasına bağlı verilerde kurumca yayınlanmaya başlamıştır. Tüm bunlara rağmen ölümlü iş kazalı sayısında artış ya da düşüş göstermese de meydana gelen tüm iş kazalarının içinde ölümlü kazalıların oranını veren fatalite hızında 2013 yılında 2018 senesine göre %49,3 düşüş görülmektedir. Meydana gelen ölümlü iş

kazalarının çalışan sayısındaki oranını gösteren yüz binde ölümlü kaza oranlarına bakıldığında ise %21 düşüş olduğu görülmektedir (AÇSHB, 2020).



Grafik 3.2: Yüz binde İş Kazalı ile Ölümlü İş Kazalarının Yıllar İtibariyle Dağılımı (2013-2018)

Türkiye’deki iş kazaları sonucu kaybedilen gün sayıları ile kaybedilen gün sayılarının dikkate alınarak hesaplanan iş kazası ağırlık hızının 2013 yılı ile 2018 yılları arasındaki değişimi aşağıdaki Grafik 3.2’de gösterilmiştir (AÇSHB, 2020).

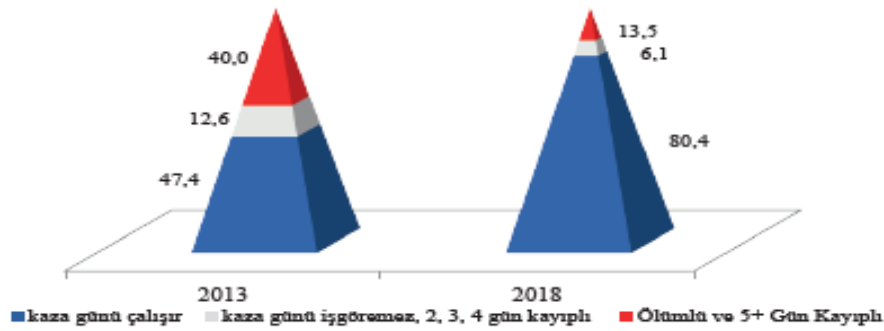


Grafik 3.3: İş Kazaları Sonucu Kaybedilen Gün Sayısı ve İş Kazası Ağırlık Hızının Yıllara Göre Dağılımı (2013-2018)

Grafik 3.3’te gösterilen iş kazası ağırlık hızı; bir yıl içerisinde çalışılan 1.000.000 saatte kaç iş gününün iş kazası sebebiyle kaybedildiğini gösterir. Bu değer hesaplanırken iş kazasına bağlı toplam gün kaybı bulunur. İş kazasına bağlı toplam gün kaybı (Geçici iş göremezlik süreleri) + (sürekli iş göremezlik dereceleri*75) + (ölüm vaka sayısı*7500)

formülü ile bulunur. Grafikte de görüleceği gibi iş kazasına bağlı geçici iş göremezlik süresinde 2017 yılına nazaran 2018 yılında %38’lik bir düşüş olmasına rağmen iş kazası ağırlık hızında bir artışın olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise toplam gün kaybı hesabına katılan sürekli iş göremezlik derece toplamının aynı yıllar içinde %92 artış göstermiş olmasıdır (AÇSHB, 2020).

2013’ten itibaren, iş kazası geçiren sigortalı çalışan sayıları iş göremezlik sürelerine göre SGK tarafından ayrı ayrı yayınlanmaya başlanmıştır. Buna göre yaşanan iş kazaları, kaza günü çalışır, kaza günü iş göremez, 2-3-4 ve 5+ gün kayıplı olacak şekilde verilmiştir. 2013 ve 2018 yıllarında iş kazası geçiren toplam sigortalılar içinde anlatılan verilere göre ayrımı yapılmış iş kazalı oranı Grafik 3.4’te verilmiştir.



Grafik 3.4: İş Göremezlik Sürelerine Göre İş Kazalarının Dağılımı (2013-2018)

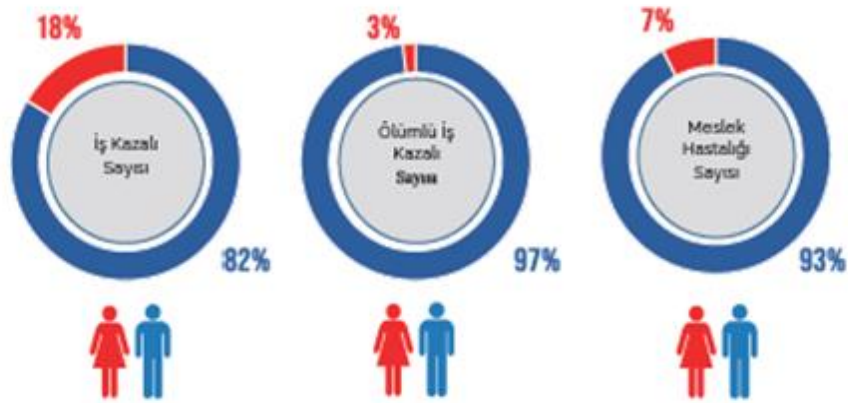
2013 yılı içerisinde tüm iş kazalarının içinde kaza geçirdiği gün çalışır iş kazalıların oranı %47,4 olarak görülürken bu oran 2018 yılına gelindiğinde %80,4 olduğu görülmekle birlikte bu iki yıl karşılaştırıldığında %70 bir artış olduğu görülmektedir (AÇSHB, 2020).

En az 1 gün ile 4 gün iş göremezlikle sonuçlanmış iş kazası geçiren sigortalıların tüm iş kazası geçirenler içerisindeki oranına bakıldığında %52’lik bir düşüş olduğu görülmektedir. Diğer taraftan ölümlü sonuçlanan 5+ gün kayıplı iş kazasına uğrayanların tüm iş kazaları içindeki oranı bu iki yıla bakıldığında %67’lik bir düşüş yaşanmıştır. Bu grafikte gösterilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere, gün kayıplı ve ölümlü iş kazalarının yani çok ciddi sonuçlanan iş kazalıların tüm iş kazaları içindeki oranı yıllar itibariyle azalış gösterdiği görülmektedir (AÇSHB, 2020).

2013 ile 2018 yılları arasındaki yıllarda iş kazası, ölümlü iş kazası geçiren ve meslek hastalığına yakalanan sigortalıların cinsiyete göre dağılımları Tablo 3.3 ve Şekil 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.3: *İş Kazalı, Ölümlü İş Kazalı ve Meslek Hastalığına Yakalananların Cinsiyete Göre Dağılımı (2013-2018)*

Yıllar	İş Kazalı			Ölümlü İş Kazalı			Meslek Hastalığı		
	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam
2013	170.644	20.745	181.389	1.336	24	1.360	343	8	351
2014	193.192	28.174	221.366	1.589	37	1.626	470	24	494
2015	206.922	34.625	241.547	1.219	33	1.252	470	40	510
2016	241.115	44.953	286.068	1.369	36	1.405	568	29	597
2017	300.970	58.896	359.866	1.607	29	1.636	640	53	693
2018	354.594	76.682	431.276	1.496	46	1.542	969	78	1.047



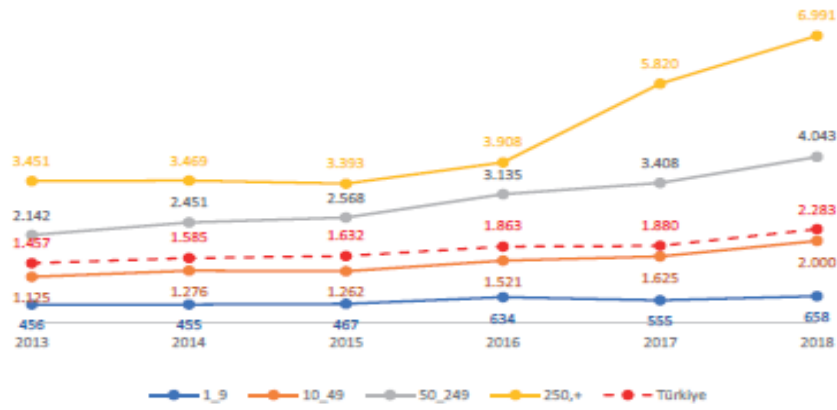
Şekil 3.1: *İş kazalı, Ölümlü İş Kazalı ve Meslek Hastalığına Yakalananların Cinsiyete Göre Dağılımı (2013-2018)*

3.2 İŞYERİ BÜYÜKLÜĞÜ BAZINDA İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ

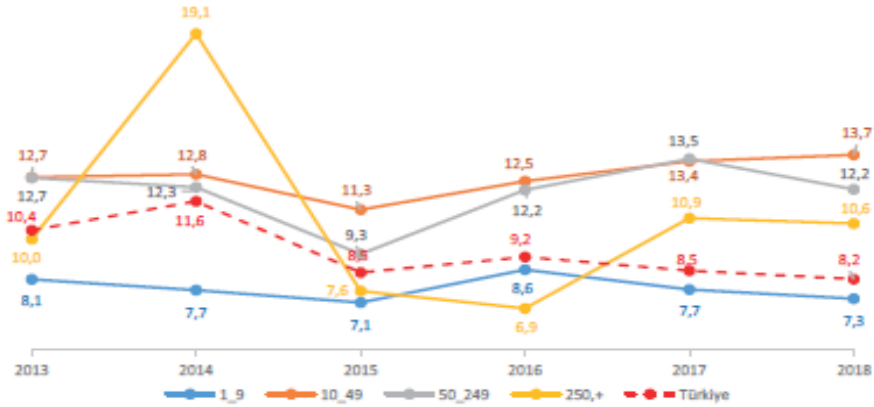
Sosyal Güvenlik Kurumu istatistik yıllıklarına bakıldığında iş yeri büyüklüğü itibariyle sadece 4/a'lı zorunlu sigortalı çalışan sayılarına ait iş kazası verileri bulunmakta olup Tablo 3.4'te bu veriler dikkate alınmıştır. Bunun yanında 2013-2018 yıllarına ait işyeri büyüklüğü itibariyle yüz binde iş kazası geçiren sayısı ve yüz binde ölümlü iş kazası geçiren çalışan sayısı oranlarına ait verilerde aşağıdaki Grafik 3.5 ve Grafik 3.6' da gösterilmiştir (SGK, <http://www.sgk.gov.tr>, 2022).

Tablo 3.4: İş kazası ve Ölümlü İş Kazası Geçiren Çalışan Sayısının İşyeri Büyüklüğüne Göre Dağılımı (2013-2018)

Yıllar	1.9				10.49				50.249				250.+			
	İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde İş Kazalı Oranı	Ölümlü İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde Ölümlü İş Kazalı Oranı	İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde İş Kazalı Oranı	Ölümlü İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde Ölümlü İş Kazalı Oranı	İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde İş Kazalı Oranı	Ölümlü İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde Ölümlü İş Kazalı Oranı	İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde İş Kazalı Oranı	Ölümlü İş Kazalı Sayısı	Yüz Binde Ölümlü İş Kazalı Oranı
2013	16.960	456.1	303	8.15	44.593	112.5	531	12.72	58.768	2.142	2.348	12.69	71.068	3.451	2.996	
2014	17.739	454.8	299	7.67	52.732	1275.7	531	12.85	71.519	2.451	3.358	12.27	79.376	3.468	6.438	17.14
2015	18.835	466.8	287	7.11	53.216	1262.5	475	11.27	79.696	2.568	4.288	9.28	89.800	3.393	2.202	7.63
2016	25.562	634.1	346	8.58	61.756	1521.3	509	12.54	94.942	3.135	5.368	12.15	103.808	3.908	1.182	6.85
2017	23.852	554.8	331	7.70	69.431	1624.6	574	13.43	109.238	3.407	9.434	13.54	157.132	5.820	3.294	10.89
2018	28.265	657.6	313	7.28	79.596	1999.9	546	13.72	127.463	4.043	4.384	12.18	195.661	6.991	7.298	10.65



Grafik 3.5: İşyeri Büyüklüğüne Göre Yüz Binde İş Kazalı Oranları (2013-2018)



Grafik 3.6: İşyeri Büyüklüğüne Göre Yüz Binde Ölümlü İş Kazalı Oranları (2013-2018)

3.3 SEKTÖREL BAZDA İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ

İşyerlerine ait NACE Rev.2'ye göre ülkemizde faaliyet gösteren 21 ana sektöre ait iş kazası, ölümlü iş kazası, meslek hastalıkları ve yüz binde ölüm ve yüz binde iş kazası oranları aşağıdaki Tablo 3.5' te gösterilmiştir (SGK, <http://www.sgk.gov.tr>, 2022).

Tablo 3.5: *İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Sektörlere Göre Dağılımı (2018)*

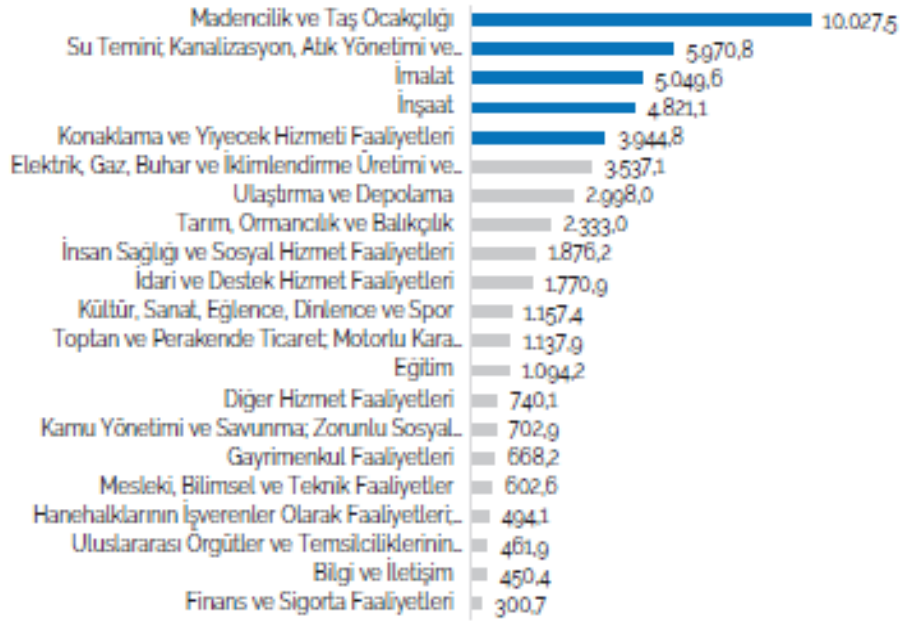
Sektör Adı	İş Kazası Sayısı	Meslek Hastalığı Sayısı	Ölümlü İş Kazası Sayısı	Yüz Binde İş Kazası Oranı	Yüz Binde İş Kazası Oranı
Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık	3.442	5	35	2.333.0	23.7
Madencilik ve Taş Ocakçılığı	13.771	108	57	10.027.5	41.5
İmalat	183.396	510	300	5.049.6	8.3
Elektrik, Gaz, Buhar ve İklimlendirme Üretimi ve Dağıtımı	3.651	0	20	3.537.1	19.4
Su Temini; Kanalizasyon, Atık Yönetimi ve İyileştirme Faaliyetleri	6.890	0	20	5.970.8	17.3
İnşaat	77.194	30	591	4.821.1	36.9
Toptan ve Perakende Ticaret Motorlu Kara Taşıtlarının ve Motosikletlerin Onarımı	25.593	18	104	1.137.9	4.6
Ulaştırma ve Depolama	26.248	26	224	2.998.0	25.6
Konaklama ve Yiyecek Hizmeti Faaliyetleri	35.312	14	45	3.944.8	5.0
Bilgi ve İletişim	913	1	3	450.4	1.5
Finans ve Sigorta Faaliyetleri	483	2	1	300.7	0.6
Gayrimenkul Faaliyetleri	875	0	7	668.2	5.3
Mesleki, Bilimsel ve Teknik Faaliyetler	3.906	3	21	602.6	3.2
İdari ve Destek Hizmet Faaliyetleri	28.120	18	79	1.770.9	5.0
Kamu Yönetimi ve Savunma; Zorunlu Sosyal Güvenlik	1.398	0	11	702.9	5.5
Eğitim	6.542	2	9	1.094.2	1.5
İnsan Sağlığı ve Sosyal Hizmet Faaliyetleri	10.888	5	7	1.876.2	1.2
Kültür, Sanat, Eğlence, Dinlence ve Sor	852	0	1	1.157.4	1.4
Diğer Hizmet Faaliyetleri	1.657	5	7	740.1	3.1
Hane Halklarının İşverenler Olarak Faaliyetleri; Hane Halkları Tarafından Kendi Kullanımlarına Yönelik Olarak Ayrım Yapılmamış Mal ve Hizmet Üretim Faaliyetleri	77	1	0	494.1	0.0
Uluslararası Örgütler ve Temsilciliklerinin Faaliyetleri	20	0	0	461.9	0.0

* SGK yıllıklarında sigortalılığı sona erdikten sonra meslek hastalığı teşhisi konulan 299 kişinin sektör ayrımı verilmemektedir.

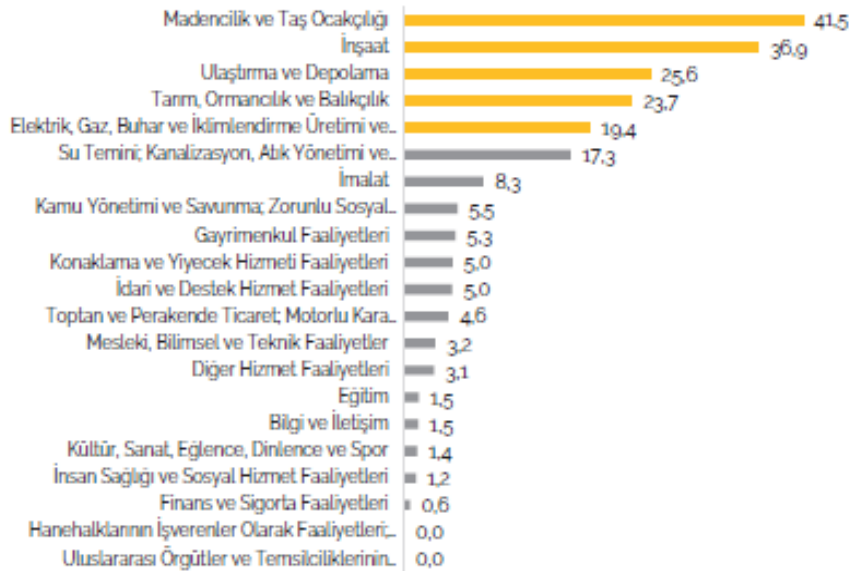
Yüz binde iş kazası geçiren çalışan sayısının oranına göre sırayla ilk 5 sektör; Madencilik ve Taş ocakçılığı, Su temini; Kanalizasyon, Atık Yönetimi ve İyileştirme Faaliyetleri, İmalat, İnşaat ve Konaklama ve Yiyecek Hizmeti gösteren işyerleri olduğu görülmektedir (SGK, <http://www.sgk.gov.tr>, 2022).

Yüz binde ölümlü iş kazası geçiren çalışan sayısının oranına göre bakıldığında ilk 5 sektör Madencilik ve Taş ocakçılığı, İnşaat, Ulaştırma ve Depolama, Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık, Elektrik, Gaz, Buhar ve İklimlendirme Üretimi ve Dağıtımı sektörleri olduğu görülmektedir (SGK, <http://www.sgk.gov.tr>, 2022).

2018 yılına ait sektörel bazlı yüz binde iş kazalı oranı ve yine sektörel bazda yüz binde ölümlü iş kazalı oranlarına ait veriler aşağıdaki Grafik 3.7 ve Grafik 3.8’de verilmiştir.



Grafik 3.7: Sektörel Bazda Yüz Binde İş Kazalı Oranları (2018)

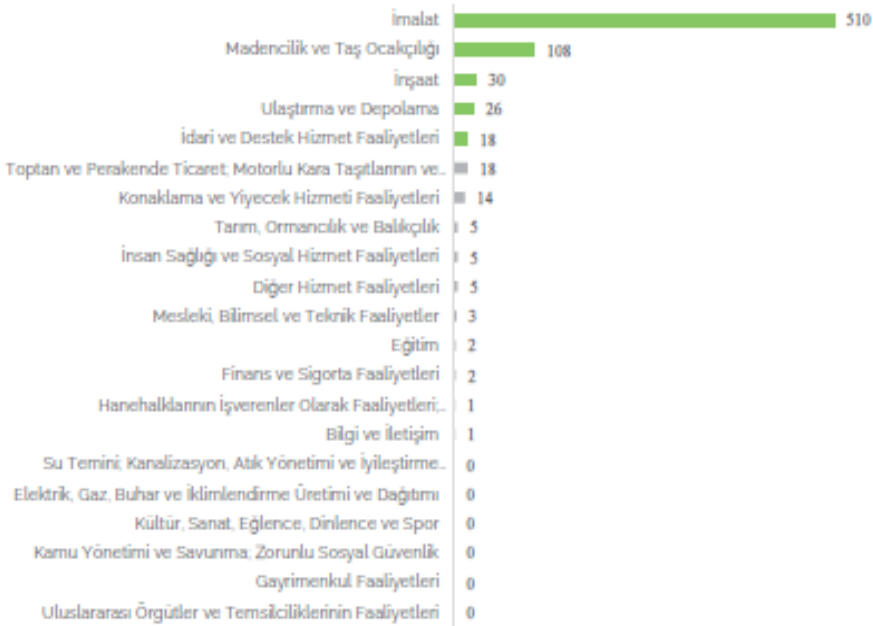


Grafik 3.8: Sektörel Bazda Yüz Binde Ölümlü İş kazalı Oranları (2018)

SGK 2018 istatistik yılına bakıldığında ülkemizdeki meslek hastalıklarının %49'u imalat sektöründe meydana geldiği görülmektedir. İmalat sektörünün içerisinde bulunan 24 alt

sektörlere ait 510 meslek hastalığının %89' unun yer aldığı ilk 10 faaliyet alanı ise aşağıdaki gibidir (AÇSHB, 2020). Bunlar:

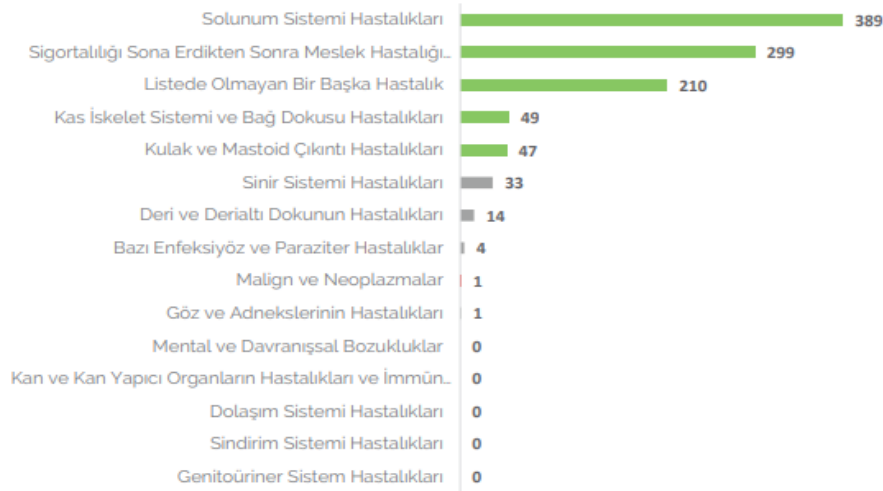
- Metalik Olmayan Ürünler İmalatı
- Ana Metal Sanayi
- Motorlu Kara Taşıtı ve Römork İmalatı
- Fabrika Metal Ürünleri
- Diğer Ulaşım Araçları İmalatı
- Elektrikli Teçhizat İmalatı
- Kauçuk ve Plastik Ürünler İmalatı
- Tekstil Ürünleri İmalatı
- Makine ve Ekipman İmalatı
- Makine ve Ekipman Kurulumu ve Onarımı



Grafik 3.9: Sektörlere Göre Meslek Hastalığına Yakalanan Sigortalı Sayıları (2018)

Ülkemizde meslek hastalığına yakalananların %49'u sigortalılığı bittikten sonra teşhis konulan hastalıklar ve meslek hastalığı listesinde olmayan hastalıklar olduğu görülmektedir. Bahsedilen hastalıklar içerisindeki dağılıma bakıldığında sırasıyla solunum sistemi hastalıkları %72, kas iskelet sistemi ve bağ dokusu hastalıkları %9, kulak ve mastroid çıkıntı hastalıkları ise %8,7 ile ilk 3 sırada yer aldığı görülmektedir. Aşağıda Grafik 3.10'da

Ülkemizdeki 2018 yılına ait meslek hastalıklarının tanı gruplarına göre dağılımı gösterilmiştir (AÇSHB, 2020).



Grafik 3.10: Meslek Hastalıklarının Tanı Gruplarına Göre Dağılımı (2018)

SGK 2018 istatistik yillığı verilerine göre ülkemizdeki meslek hastalıklarının %29'u çalışanların sigortalılıklarının bitiminden sonra tanı konulan hastalıklar olarak karşımıza çıktığından meslek grubu olarak bir veri mevcut değildir. Meslek gruplarına ait dağılımlarına baktığımızda 748 meslek hastalığının %60'ı niteliği belli olmayan ya da nitelik gerektirmeyen mesleklerde, %21'i tesis ve makine operatörleri ve montajcılarda, %10'u sanatkâr ve ilgili işlerde çalışanlarda olduğu kurumca yayınlanan verilerden hareketle tespit edilmiştir. Meslek gruplarına göre meslek hastalıklarının dağılımını gösteren grafik aşağıda verilmiştir (AÇSHB, 2020).



Grafik 3.11: Meslek Hastalıklarının Meslek Gruplarına Göre Dağılımı (2018)

3.4 BÖLGESEL BAZDA İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ

Ülkemizde meydana gelen iş kazaları, ölümlü iş kazaları, meslek hastalıkları ile yüz binde ölümlü ve yüz binde iş kazalı çalışan sayılarının oranlarının illere göre dağılımı Tablo 3.6’da gösterilmiştir (SGK, <http://www.sgk.gov.tr>, 2022).

Tablo 3.6: *İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının İllere Göre Dağılımları (2018)*

İller	İK Sayısı	MH Sayısı	Ölümlü İK Sayısı	Yüz Binde İK Oranı	Yüz Binde İK Oranı Sıralama	Yüz Binde Ölümlü İK Oranı	Yüz Binde Ölümlü İK Oranı Sıralama
ADANA	6.374	3	47	1.490,5	36	11,0	28
ADİYAMAN	626	0	13	736,3	66	15,3	6
AFYON	1.218	1	17	847,6	64	11,8	24
AGRI	166	0	3	356,0	77	6,4	65
AMASYA	883	0	2	1.431,3	39	3,2	76
ANKARA	30.246	60	123	1.983,1	26	8,1	47
ANTALYA	17.936	1	53	2.755,8	19	8,1	45
ARTVİN	657	0	7	1.910,7	27	20,4	3
AYDIN	4.583	3	17	2.011,6	25	7,5	54
BALIKESİR	4.094	4	32	1.571,7	32	12,3	16
BİLECİK	3.657	27	7	6.367,4	1	12,2	20
BİNGÖL	353	0	5	986,0	60	14,0	9
BİTLİS	120	0	2	286,1	80	4,8	74
BOLU	2.534	8	9	3.378,1	13	12,0	22
BURDUR	823	1	4	1.465,2	37	7,1	61
BURSA	24.297	25	61	2.850,6	17	7,2	59
ÇANAKKALE	2.142	6	9	1.758,4	30	7,4	56
ÇANKIRI	496	2	2	1.344,6	42	5,4	70
ÇORUM	1.453	9	6	1.566,1	33	6,5	64
DENİZLİ	7.152	0	21	2.680,2	21	7,9	49
DİYARBAKIR	1.932	0	17	923,9	61	8,1	46
EDİRNE	1124	1	6	1.291,4	45	6,9	62
ELAZIG	1105	1	15	1.159,5	49	15,7	4
ERZİNCAN	367	0	6	856,4	63	14,0	8
ERZURUM	1.308	2	14	1.155,4	50	12,4	14
EŞKİŞEHİR	7.385	27	13	3.525,5	10	6,2	66
GAZİANTEP	5.480	4	28	1.396,3	41	7,1	60
GİRESUN	1006	0	9	1.231,8	47	11,0	27
GÜMÜŞHANE	245	2	2	1.125,7	51	9,2	38
HAKKARİ	168	0	10	461,1	76	27,4	2
HATAY	2.392	3	27	915,3	62	10,3	32
ISPARTA	1139	0	12	1.227,7	48	12,9	12
MERSİN	3.724	3	40	1.021,4	58	11,0	29
İSTANBUL	117.003	147	301	2.392,1	23	6,2	67
İZMİR	40.180	26	82	3.530,1	9	7,2	58
KARS	207	0	2	563,4	71	5,4	69
KASTAMONU	983	1	9	1.329,1	43	12,2	21

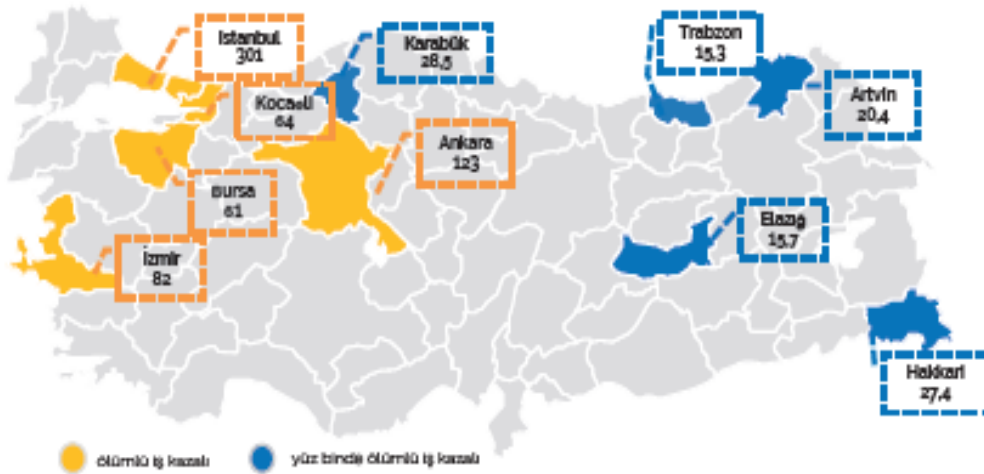
İller	İK Sayısı	MH Sayısı	Ölümlü İK Sayısı	Yüz Binde İK Oranı	Yüz Binde İK Oranı Sıralama	Yüz Binde Ölümlü İK Oranı	Yüz Binde Ölümlü İK Oranı Sıralama
KAYSERİ	9.778	4	23	3.384,3	12	8,0	48
KIRKLARELİ	1.978	4	8	2.287,6	24	9,3	37
KIRŞEHİR	1187	0	2	2.947,1	15	5,0	72
KOCAELİ	26.473	89	64	4.512,2	3	10,9	30
KONYA	7.659	8	44	1.693,6	31	9,7	35
KUTAHYA	3.954	70	9	3.449,7	11	7,9	50
MALATYA	1.910	0	13	1.263,2	46	8,6	43
MANİSA	15.576	46	26	4.463,4	4	7,5	55
KAHRAMAN.MARAŞ	2.080	0	18	1.049,3	55	9,1	39
MARDİN	512	0	14	474,2	74	13,0	11
MUGLA	7.024	0	28	2.796,4	18	11,1	26
MUŞ	256	0	3	624,6	70	7,3	57
NEVŞEHİR	687	0	7	1.051,9	54	10,7	31
NİĞDE	679	0	6	1.013,5	59	9,0	40
ORDU	1.386	0	4	1.053,0	53	3,0	77
RİZE	814	0	5	1.067,7	52	6,6	63
SAKARYA	7.463	19	11	3.105,6	14	4,6	75
SAMSUN	3.224	0	19	1.298,3	44	7,7	51
SİİRT	301	0	1	705,8	67	2,3	79
SİNOP	203	0	2	537,5	73	5,3	71
SİVAS	1.733	0	14	1.515,9	35	12,2	18
TEKİRDAĞ	12.505	9	27	3.972,7	6	8,6	44
TOKAT	981	1	9	1.027,5	57	9,4	36
TRABZON	1.695	0	25	1.038,8	56	15,3	5
TUNCELİ	79	0	0	628,2	69	0,0	80
\$ANLIURFA	650	0	11	291,8	79	4,9	73
UŞAK	2.233	7	9	2.484,2	22	10,0	33
VAN	579	0	7	466,8	75	5,6	68
YOZGAT	1009	0	2	1.437,3	38	2,8	78
ZONGULDAK	4.646	87	14	4.069,9	5	12,3	17
AKSARAY	1.407	0	7	1.760,2	29	8,8	41
BAYBURT	101	0	1	758,4	65	7,5	53
KARAMAN	3.299	0	7	5.823,8	2	12,4	15
KIRIKKALE	759	2	6	1.542,2	34	12,2	19
BATMAN	439	0	10	547,5	72	12,5	13
\$IRNAK	402	0	7	668,9	68	11,6	25
BARTIN	1089	11	5	2.889,2	16	13,3	10
ARDAHAN	282	0	3	1.411,0	40	15,0	7
IGDIR	48	1	3	190,8	81	11,9	23
YALOVA	2.716	12	6	3.915,1	7	8,6	42
KARABUK	1.860	2	14	3.783,6	8	28,5	1
KİLİS	89	0	0	344,7	78	0,0	81
OSMANİYE	1.470	0	8	1.787,9	28	9,7	34
DUZCE	2.503	9	7	2.713,7	20	7,6	52
TOPLAM	431.276	748	1542	2.283,3		8,2	

* SGK yıllıklarında sigortalılığı sona erdikten sonra meslek hastalığı teşhisi konulan 299 kişinin sektör ayrımı verilmemektedir.

Ülkemizde illere göre iş kazalı ve ölümlü iş kazası geçiren çalışan sayılarına bakıldığında İstanbul, Ankara, İzmir, Kocaeli ve Bursa diğer illere göre ilk 5 sırada olduğu

görülmektedir. Ülkemizde 2018 yılında meydana gelen her 3 ölümle sonuçlanan iş kazasında 1 tanesi yukarıda sayılan illerde meydana geldiği görülmektedir (SGK, <http://www.sgk.gov.tr>, 2022).

Yine 2018 yılına ait SGK istatistik yıllığına bakıldığında yüz binde iş kazası geçiren çalışan sayısı oranlarına bakıldığında ilk 5 ilin Karabük, Hakkâri, Artvin, Elâzığ ve Trabzon olduğu ortaya çıkmaktadır. Sayılan bu illerde yüz binde ölümlü iş kazası geçiren çalışan sayılarındaki oranın yüksek çıkmasının sebebi ise sayılan illerdeki çalışan sayısının az olmasından kaynaklanmaktadır. 2018 yılına ait istatistiklere bakıldığında yüz binde iş kazalı oranı yüksek olan ilk 5 ilin Bilecik, Karaman, Kocaeli, Manisa ve Zonguldak olduğu görülecektir. Aşağıdaki şekilde ülkemizde 2018 yılına ait ölümlü iş kazaları ve yüz binde ölümlü iş kazalarının en yüksek olduğu iller Şekil 3.2’de verilmiştir (SGK, <http://www.sgk.gov.tr>, 2022).



Şekil 3.2: Ölümlü İş Kazaları ve Yüz Binde Ölümlü İş Kazalarında İlk Beş İl (2018)

3.5 ÇALIŞMA SÜRESİ VE ÇALIŞMA SAATLERİ BAZINDA İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIKLARI İSTATİSTİKLERİ

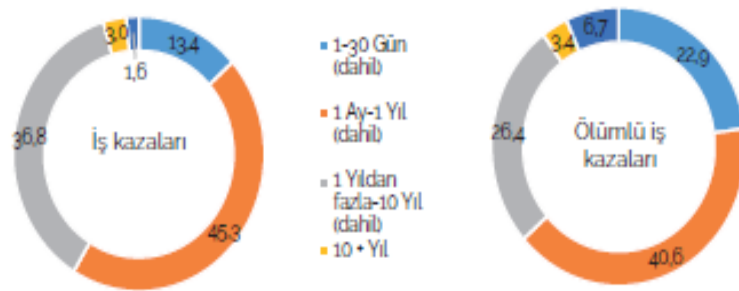
Ülkemizde 2018 yılına ait SGK istatistiklerinden çalışma sürelerine bakıldığında iş kazası geçiren sigortalı, iş kazası nedeniyle ölen sigortalı sayıları ve meslek hastalığına yakalanan sigortalı sayılarına ait veriler aşağıdaki Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7: İş Kazası Geçirenler ile İş Kazası Sonucu Ölenlerin Çalışma Süresine Göre Dağılımı
(2018)

Sigortalının Son İşveren Nezdindeki Çalışma Süresi	İş Kazalı Sayısı	Ölümlü İş Kazalı Sayısı	Meslek Hastalığı Sayısı
1-30 Gün (Dahil)	57.696	353	17
1 Ay- 1 Yıl (Dahil)	195.193	625	110
1 Yıldan fazla- 10 Yıl (Dahil)	158.420	407	354
10 + Yıl	12.947	52	144
Bilinmeyen	6.729	104	121
Sigortalılığı sona erdikten sonra meslek hastalığı teşhisi konulan	-	-	298
Toplam	430.985	1.541	1.044

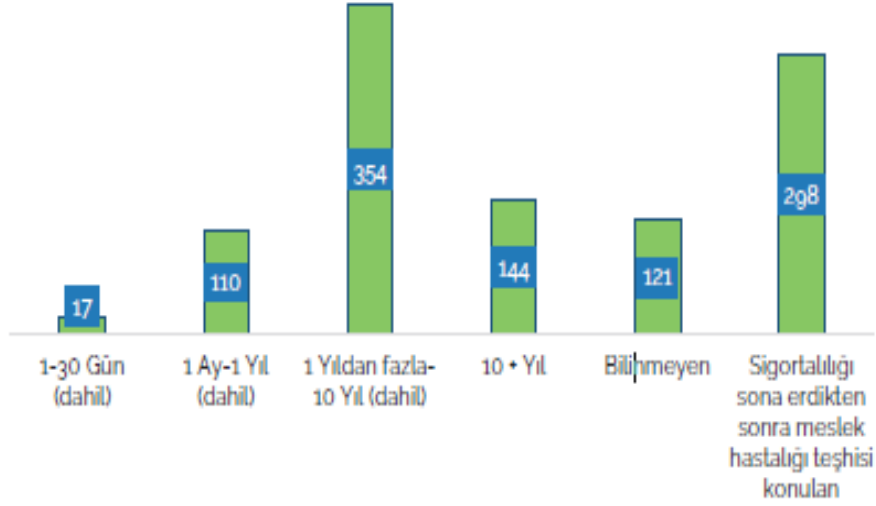
SGK verilerinde 4/a'lı çalışanlar için iş kazalarının ve tanı koyulan meslek hastalıklarının çalışma sürelerine göre dağılımı bulunduğundan, 4/b' li çalışanlara ait iş kazası, ölümlü iş kazası ve meslek hastalığı bu tabloya dahil edilmemiştir.

Türkiye’de 2018 yılında iş kazası geçiren çalışanların %45’i ve ölümlü iş kazası geçiren çalışanların %41’inin 1 ay ile 1 yıl arasında olduğunu gösteren Şekil 3.3’te aşağıda verilmiştir (AÇSHB, 2020).



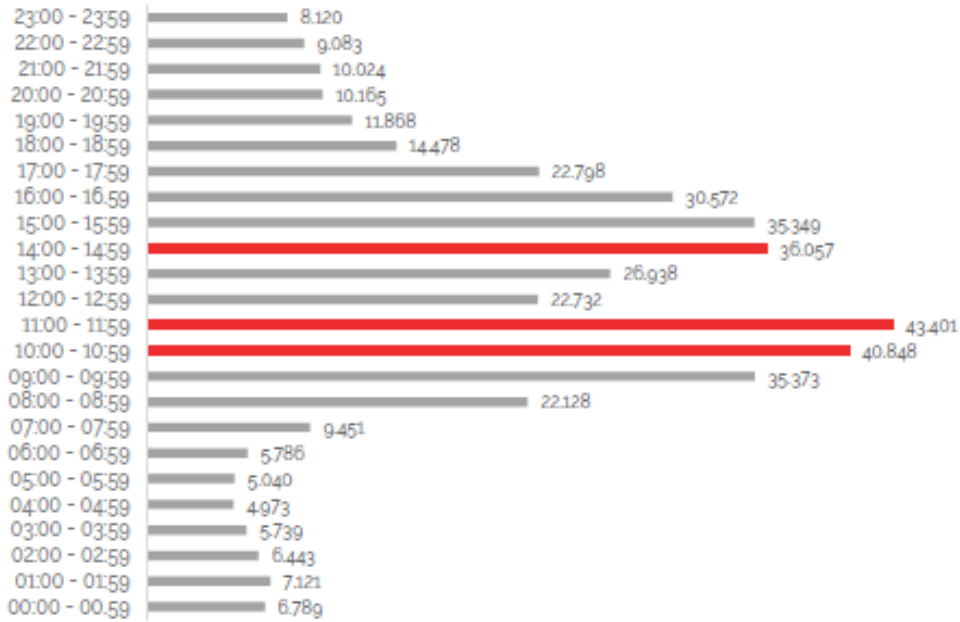
Şekil 3.3: İş Kazalı Çalışanlar ve Ölümlü İş Kazası Geçiren Çalışanların Çalışma Süresine Göre Dağılımı (2018)

Yine 2018 yılı SGK istatistik yıllığına göre meslek hastalığına yakalanan sigortalı çalışanların %34’ü çalışma süresi 1 yıl-10 yıl (dahil) arası çalışanlar olduğu görülmektedir. Yine aynı yıla ait meslek hastalığı teşhisi konulan hastalıklardan %29’unun ise sigortalılık süresi biten çalışanlardan oluştuğunu göstermektedir. Aşağıda Grafik 3.12’de meslek hastalığına yakalanan sigortalı çalışan sayılarının dağılımı gösterilmektedir (AÇSHB, 2020).



Grafik 3.12: Meslek Hastalığına Yakalanan Sigortalı Çalışanların Çalışma Sürelerine Göre Dağılımı (2018)

Aşağıdaki grafikte 2018 yılında iş kazası geçiren sigortalıların, iş kazasının meydana geldiği saat aralıklarına göre dağılımı verilmiştir. Grafik 3.13'teki verilerden anlaşılabacağı üzere meydana gelen iş kazaları en çok işe başlama saatlerine yakın ortaya çıktığı görülmektedir.



Grafik 3.13: İş kazası Geçiren Sigortalıların İş Kazasının Meydana Geldiği Saat Aralıklarına Göre Dağılımı (2018)

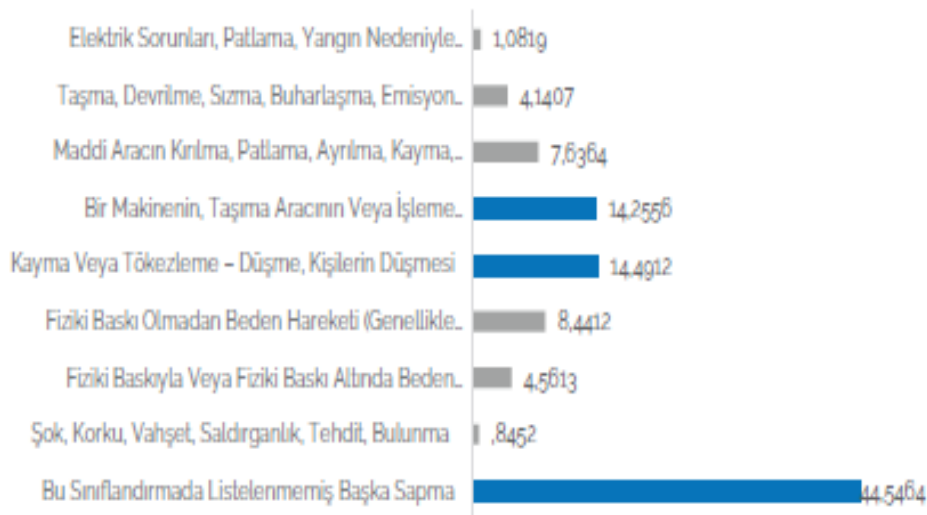
Yukarıdaki grafikte gösterilen 2018 yılına ait SGK istatistiklerinden de görüldüğü gibi yaşanan iş kazalarının %10'u 11:00-11:59, %9,5'u 10:00-10:59 ve %8,4'ü 14:00-14:59 saatleri arasında meydana geldiği görülmektedir (AÇSHB, 2020).

3.6 İŞ KAZALARININ KAZA SEBEPLERİNE GÖRE İSTATİSTİKLERİ

Türkiye’de 2018 yılına ait iş kazası geçiren çalışanlar ile iş kazası nedeniyle ölen çalışanların kaza sebeplerine göre dağılımını gösteren Tablo 3.8’de aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.8: İş Kazası Geçirenler ile İş Kazası Nedeniyle Ölen Çalışanların Kaza Sebeplerine Göre Dağılımı (2018)

Olayı Normal Seyrinden Saptıran ve Kazaya Sebebiyet veren Olay	İş Kazalı Sayısı	Ölümlü İş Kazalı Sayısı
Elektrik sorunları, patlama, yangın nedeniyle sapma	4.666	78
Taşma, Devrilme, Sızma, Buharlaşıma, Emisyon sapması	17.858	65
Maddi Aracın kırılma, patlama, ayrılma, kayma, düşme, çökmesi	32.934	131
Bir makinenin, taşıma aracının veya işleme ekipmanının, elle kullanılan alet, nesne, hayvanın denetimden çıkması (tam veya kısmi)	61.481	178
Kayma veya tökezleme- düşme, kişilerin düşmesi	62.497	336
Fiziki baskı olmadan beden hareketi (genellikle dış bir yaralanmaya yol açan)	36.405	14
Fiziki baskıyla veya fiziki baskı altında beden hareketi (genellikle dış bir yaralanmaya yol açan)	19.672	15
Şok, Korku, vahşet saldırganlık tehdit, bulunma	3.645	18
Bu sınıflandırmada üstelenmemiş başka sapma	192.118	707
Toplam	431.276	1.542



Grafik 3.14: İş Kazalarının Sebeplerine Göre Dağılımı (2018)

Grafik 3.14’te 2018 yılına ait yaşanan iş kazalarının sebeplerine dair verilerden görüleceği gibi iş kazası geçiren çalışanların “Bu Sınıflandırmada Listelenmemiş Başka Sapma” grubunda bulunan kazaların, tüm kazaların %45’ini oluşturduğu görülmektedir. Ölümle sonuçlanan iş kazalarında ise bu oran %46 olarak karşımıza çıkmaktadır. SGK yıllıklarında her yıl yayınlanan verilerde diğer sapma grubunda bulunan iş kazası geçirenlerin oranının bu kadar yüksek çıkmasından dolayı yaşanan iş kazalarının sebeplerinin tam olarak belirlenememesine neden olmaktadır (AÇSHB, 2020).

Buraya kadar 2013-2018 yılları arasında yayınlanan SGK istatistik yıllıklarından faydalanarak, ülkemizdeki iş kazası ve meslek hastalıklarına ait değişimler göz önüne serilmeye çalışılmıştır. Özellikle 2013 ve 2018 yılları arasındaki verilerin kullanılması nedeni, 2013 yılından itibaren SGK tarafından daha kapsamlı ve ülkemizde faaliyet gösteren sigortalı çalışanlarımızın büyük bir kısmını içine alacak şekilde iş kazası ve meslek hastalıklarının bildirimin sosyal güvenlik kurumu tarafından alınmasıdır. Bundan dolayıdır ki bu çalışmada da anlatılmaya çalışılan, iş kazalarının devlet, işveren ve çalışanlarda ortaya çıkaracağı olumsuz etkilerin önlenmesi amacıyla alınacak tedbirlerin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Ayrıca çalışmada ortaya konulan yapay sinir ağıları yöntemiyle elde edilecek veriler ışığında uygulanacak proaktif yaklaşımlarla, yukarıda anlatılan istatistiki verilerin özellikle insan sağlığı hizmetlerinde daha kabul edilebilir seviyelere indirgenmesi hedeflenmektedir. Yaptığım çalışmada yapay sinir ağlarının seçilmesinin ana nedeni bu yöntemle yapılacak tahminlerin gerçek değerlere yakın çıkması ulaşmak istediğimiz hedeflerin gerçekleşmesi açısından kolaylıklar sağlaması bakımından önemlidir. Aşağıda yapay sinir ağları hakkında verilen bilgilerle konu pekiştirilmeye çalışılmaktadır.

BÖLÜM 4: YAPAY SİNİR AĞI NEDİR?

Gelişen teknolojiyle birlikte hızla ilerleyen yapay zekâ çalışmalarının temeli yıllar öncesinden atılmasına rağmen günümüzde hızla ilerlemektedir. Yapay sinir ağlarının çalışma prensibine bakıldığında temelinde, birden fazla sayıda işleme elemanından (nöronlar) oluşan, bir bilgisayar işleme ve hesaplama sistemi olarak tanımlanabilen biyolojik nöron hücresinin yapısı ve öğrenme özelliklerinden esinlenerek insan beyninin öğrenme sürecine benzer şekilde geliştirildiği görülmektedir (Haykin, 1999).

Yapay sinir ağları insan beyninin işleme mekanizmasıyla iki şekilde benzerlik göstermektedir.

- Bilgi bir öğrenme süreci ile ağdan kazanılır.
- Edinilen bilgileri depolamak için nöronlar (işleme birimleri) arasında bağlanma kuvvetleri olarak bilinen sinaptik ağırlıklar kullanılır (Haykin, 1999).

Yapay sinir ağları, insanın öğrenme sürecinde beyin fonksiyonlarının çalışmasını matematiksel olarak modelleyerek, dışarıdan herhangi bir yardım almadan aynı insan beyninin yaptığı gibi yeni bilgiler oluşturabilmek ve yeni bilgiler keşfedebilmek gibi insansı yetenekleri otomatik olarak gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Bundan dolayıdır ki, yapay olarak insan beynine benzer öğrenme modelleri ile ilgili ilk çalışmalar beynimizin nörofiziksel yapısını inceleyerek, insan beyninde bulunan nöronları modelleyerek ve bu modelleri bilgisayar sistemlerine uyarlayıp çalıştırılmasıyla başladı. Burada bilgisayarın icat edilmesi ve hayatın her alanında kullanılmaya başlamasıyla bir bilgisayar destekli uygulama olan yapay sinir ağlarının da birçok alanda kullanılabilir hale geldiğini görmekteyiz.

4.1 YAPAY SİNİR AĞLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ VE BU ALANDA YAPILAN ÖNEMLİ ÇALIŞMALAR

Bilim adamları tarafından insana beyninin nasıl çalıştığı tarih boyunca ilgi çeken bir konu olarak karşımıza çıkmış ve bu alanda bilimsel birçok çalışma yapılmıştır. 1940'lardan önceki yıllarda yapay sinir ağları hakkında yapılan çalışmaların mühendislik açısından değeri yoktu. Fakat 1940'lı yıllarda McCulloch ve Pitts gibi bilim insanlarının yaptıkları çalışmalar günümüzün yapay sinir ağlarının temelini oluşturmuştur. Yapay sinir ağları alanındaki çalışmalarıyla bilenen ve ilk yapay sinir hücresi yapısını oluşturan McCulloch ve Pitts, 1943 tarihli makalelerinde oluşturulan bu hücrelerle insan beyni tarafından

mantıklı kabul edilen her türlü ifadeyi formüle etmenin mümkün olduğunu göstermişlerdir (Öztemel, 2012).

Yukarıda belirtilen tarihlerde temelleri atılan çalışmalara ek olarak 1949 yılına gelindiğinde Donald Hebb, günümüz dünyasında da bu yöntemle öğrenme kuralının temeli olan "Hebbian Öğrenme Kuralı"nı geliştirmiştir. 1954'te Farley ve Clark konuyu bir adım daha ileri taşıyarak oluşturulan bir ağın içerisinde uyarılara tepki veren ve uyarılara uyum sağlayabilen bir modelleme ortaya çıkarmışlardır. 1958'de Rosenblatt tarafından çok katmanlı ağ modelleri denilen yapıların temeli olan tek katmanlı bir ağ modeli (algılayıcı) oluşturduğu görülmektedir. Bilinen ilk nöronal yani ağ yapılı bilgisayarlar 1960 yılında hayatımıza girdi. Makinelerin öğrenmesine dayalı bilgiler vere ilk kitap 1965'te yayınlandı ve yapay sinir ağları hakkındaki çalışmalar bu tarih itibariyle hızlanmaya başladı. 1970 yılına geldiğimizde bu tarihin yapay sinir ağlarının tarihsel süreci bakımından önemli bir yere sahip olduğunu görmekteyiz. Bu tarih itibariyle yapılan modellerin eksikliklerinin fark edilmeye başladığını söyleyebiliriz. Yapılan modellemelerdeki eksikliklerin görülmeye başlanması yapay sinir ağlarının gelişiminde önemli bir kilometre taşı olduğu kabul edilmektedir. Bu zamana kadar sorunsuz çalıştığı ve hiçbir problemin olmadığı zannedilen sistemlerin eksikliklerinin giderilmesiyle birlikte yeni yapılacak çalışmalarında kapısı aralanmış oldu.

1972 yılında Kohonen ve Anderson, herhangi bir öğretici olmadan öğrenme kuralı denilen modelin temelini oluşturan ilk çalışmayı yaptılar. 1974'e kadar sadece tek katmanlı ağlar yardımıyla yapılan çalışmalar yerini ilk defa yapılacak olan çok katmanlı çalışmalara bıraktı. 1982'de, Hopfield konuyu bir adım daha ileriye taşıyarak yapay sinir ağlarının genelleşebileceğini göstererek ve geleneksel bilgisayar programlarıyla halledilmesi zor sorunlara çözüm bulunabileceği söylemiştir (Öztemel, 2012).

1985 yılına geldiğimizde ise en son bulunan yöntem olan delta öğrenme kuralı ve çok katmanlı ağların yaygın olarak kullanılabileceği kabul görerek, farklı birçok alanda kullanılabilecek uygulamalar geliştirilmeye başlandı. Günümüzde, yapay sinir ağlarının kullanım alanlarına bakıldığında, bilgisayar sistemlerinin gelişimine paralel olarak çalışma hayatının yanı sıra gündelik yaşantının tüm alanlarında kullanıldığını görmekteyiz.

4.2 YAPAY SİNİR AĞLARININ BİLİLEN ÖZELLİKLERİ

Yapay sinir ağları, gerçek bir insan beyninde bulunan fonksiyonların ortaya çıkardığı örnekleri kullanarak olayları öğrenebilen ve öğrendiklerinden yola çıkarak ortaya

çıkabilecek olaylara nasıl yanıt verebileceklerini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir. Bu bilgisayar sistemleri, insana has bir özellik olan ve beynimizin içerisinde bulunan özellikler sayesinde edindiğimiz öğrenme, olayları ilişkilendirme, belirleme, sınıflandırma, genelleme yaparak en iyi şekilde kullanma süreçlerini başarıyla gerçekleştirebilir (Öztemel, 2012).

Yapay sinir ağlarında, bir olayın ortaya çıkış sürecinin doğrusal olarak değil ve tüm ağa yayılmış şekilde olduğu görülür. Dolayısıyla bu sayede birbiriyle ilişkili ya da paralellik gösteren karmaşık doğrusal olmayan problemleri de çözmek mümkün hale gelmektedir. Yaşanmış olaylardan yola çıkarak, benzer olaylar karşısında kararlar almaya çalışan yapay sinir ağlarının ana işlevi insan beyninde olduğu gibi bilgisayarların öğrenme süreçlerinin geliştirilmesidir.

Yapay sinir ağlarının çalışma tarzının, yapay zekâ yöntemlerinin uygulandığı bilinen programlama ve mevcut bilgiyi işleme yöntemlerinden tamamen farklı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, geleneksel ya da alışılmış programlamanın beraberinde getirdiği ve karşımıza çıkardığı olumsuzlukları da ortadan kaldırılabilmektedir.

Herkes tarafından kabul gören programlamada olduğu gibi, toplanan bilgiler veri tabanlarında veya bilgisayar dosyalarında belirli bir sırada tutulmaz, ancak ağ boyunca dağıtılmış olarak saklanmaktadır. Dağınık olarak saklanan verilerden kaynaklı hücrelerdeki işlev kaybı önemli bir bilgi kaybına neden olmamaktadır.

Yapay sinir ağlarının herhangi bir veri ya da bilgi olmadan eğitilerek, ağın öğrenmesinin sağlanması mümkün değildir. YSA'nın öğrenmesi için örnekleri tanımlamak, ağa göstermek ve ağı istenen çıktılarına göre eğitmek gerekir. Ağın başarısı seçilen örneklerle doğrudan orantılıdır. Yapay sinir ağlarına her ne öğretilecek olursa olsun, şayet olayın tüm yönleri gösterilemezse, öğrendiklerinden yola çıkarak ağ yanlış çıktılar vermek suretiyle yanılgılara neden olabilir.

YSA'lar zaman içerisinde kendi kendilerine öğrenme ve öğrendikleri bilgiler sayesinde olayları organize etme yeteneğine sahiptir. YSA'lar, eğitim süreçleri esnasında kendilerine verilen örneklerden yola çıkarak genellemeler ortaya çıkarır ve yaptıkları bu genellemeler sayesinde yaşanabilecek örnekler hakkında bilgi edinmemize yardımcı olurlar. Elimizde bulunan veri ve örnekler yapay sinir ağlarını eğitecek şekilde eğitim ve test setlerine ayrılırlar. Eğitim tamamlandığında, ağın performansı yapılacak bir test yardımıyla ölçülür.

Yapılan bu testin ortaya koyduğu veriler yapay sinir ağlarının bu alanda başarılı olup olmadığını göstermektedir.

Her zaman olmamakla birlikte peyderpey ağı eksik bilgileri bulmasını isteyen bir desen veya şekil verilerek eksik bilgi içeren yerleri bulması istenir. Yapay sinir ağları örneklerde kendilerine verilen kalıpları kendileri veya başkaları ile ilişkilendirebilirler. Ayrıca, kendisine verilen örnekleri kümelemek ve hangi veri kümesinin daha sonra dahil edileceğine karar vermek için de kullanılabilirler. Geleneksel yöntemlerin aksine, yapay sinir ağları eksik bilgilerle çalışabilir ve eğitildikten sonra sonuç üretebilir. Yapay sinir ağlarında sembolik ifadelerle görüntülenen bilgiler sayısal temsile çevrilmelidir. Ağlar yalnızca sayısal bilgilerle çalışabilir.

Yapay sinir ağlarının kendine has bir özelliği olan eksik bilgilerle çalışma yeteneği, ilgili ağın bazı hücreleri özelliklerini kaybetmiş ve çalışmaz hale gelseler dahi ağların çalışmasını sağlamaktadır. Bu durum yapay sinir ağlarını onları hatalara karşı daha toleranslı hale getirmektedir.

Yapay sinir ağlarında bulunan bilgilerin ağ boyunca dağınık olarak tutulduğunu söylemiştik. Dağınık olarak tutulan ağdaki hücrelerin bağlantısı ve ağırlık derecelendirmeleri ağın bilgisini gösterir. Bundan dolayı, var olan hiçbir bağlantı kendi kendine bir anlam ifade etmez, ancak diğer ağlarla arasındaki ilişkiyle bir anlam ortaya çıkarmaktadır.

Yapay sinir ağları kendi başlarına öğrenme yeteneğine sahiptir. Çevrimiçi öğrenebilir ve kendilerine gösterilen örneklerle uyum sağlamada kendi kendilerini eğitip sürekli bir tahminde bulunabilirler. Yapay sinir ağlarında bulunan ağırlıkların yani hücresel verilerin yeniden yapılandırılması, belli konuda sorun çözmek için eğitilmiş yapay sinir ağının, yaşanan problemdeki değişikliklerden yola çıkarak kendi kendini yeniden eğitmesini ve oluşabilecek farklı koşullara uyarlanmasını sağlamaktadır.

4.3 YAPAY SİNİR AĞLARININ ORTAYA ÇIKARDIĞI OLUMSUZLUKLAR

Yapay sinir ağlarında yaşanabilecek olumsuzlukların kaynağı, bir donanıma bağlı olarak çalışmalarıdır. Başka bir donanıma paralel olarak çalışma yeteneği, seri bir şekilde çalışma kabiliyetleri ile sadece bir parça bilgi ile olayların üstesinden gelebilecek makinelerde performans göstermeyi zorlaştırır. Dolayısıyla seri makinelerde paralel işlemler yapmak da zaman kaybı anlamına gelir. Diğer bir dezavantajı, yapay sinir ağlarının öğrenme

sürelerindeki zamanın uzun olmasıdır (Karahana, 2011). Var olan bir sorunun çözümü için uygun olan ağı nasıl oluşturulması gerektiğiyle ilgili herhangi bir kural yoktur. Bu durum tamamen deneme yanılma yoluyla yapılırsa olaya ilişkin uygun ağ yapısının belirlenmesi zaman kaybına yol açacaktır. Denemeler sonucunda uygun ağ yapısı bulunamazsa, düşük performanslı çözümler elde etmek gibi bir durum ortaya çıkacaktır.

Yapay sinir ağlarının eğitilmesi aşamalarında kullanılan, öğrenme katsayısı, hücre sayısı, yapay sinir ağlarındaki katman sayısı gibi parametreleri belirlemek için belirli bir standart ağ yapısı olmasa da yaşanan olumsuzluklar için farklı yaklaşımlar olabilir. Dolayısıyla hangi parametreleri kullanacağının belirlenmesi kullanıcının deneyimine göre farklılıklar göstermektedir. Her olumsuzluğun ayrı ayrı değerlendirilmesinin de önemli bir dezavantaj olduğu söylenebilir (Öztemel, 2012).

Ağa öğretilcek problemin, ağa gösterilme şekli de büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Sadece sayısal bilgilerle çalışabilen yapay sinir ağlarını eğitirken problemi sayısal bir veriye dönüştürmek önemlidir. Dolayısıyla hangi sisteme ne verdiğinizin önemi eğitmekte olduğumuz ağın performansını doğrudan etkileyecektir. Sisteme hangi verileri verdiğimiz kadar, kullanıcının tecrübe ve yeteneği de yapay sinir ağının önereceği tahminin performansı açısından önem arz etmektedir (Vural, 2007).

Ağı eğitmek için gerekli olan örneklerden kaynaklı hataları belirli bir değerin altına düşürmek, eğitim aşamasını tamamlamak için yeterli kabul edilirken, ağın eğitim sürecinin ne zaman bitmesi gerektiği ile ilgili herhangi bir yöntem yoktur. Yapay sinir ağının eğitiminin ne zaman bitirileceği ile ilgili en uygun zaman aralığını vererek en uygun sonucu elde etmemize yarayacak bir mekanizma henüz geliştirilmemiştir. Günümüzde yapay sinir ağlarıyla ilgili yapılan araştırmaların önemli bir kısmı bu alanda yoğunlaşmaktadır. Yapay sinir ağlarında davranış için açıklama eksikliği en dikkat çekici dezavantaj olarak görülmektedir. Var olan soruna dair üretilen çözüm önerisinin nasıl ve neden üretildiği ile ilgili bilgiye ulaşmak mümkün olmadığından dolayıdır ki yapay sinir ağının sonucuna dair güven eksikliği de karşımıza önemli bir dezavantaj olarak çıkmaktadır (Öztemel, 2012).

4.4 YAPAY SİNİR AĞLARININ AVANTAJLARI VE KULLANIM ALANLARI

Yapay sinir ağları, öğrenmede eksik bilgiler olmasına rağmen sağladığı avantaj ve doğrusal olmayan verileri işleme yetenekleri sayesinde bugün birçok alanda kullanım alanı bulmaktadır. Yapay sinir ağlarıyla ilgili çalışmalar yukarıda belirtildiği üzere yıllar öncesine dayansa da teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli gelişim göstermiştir.

Yaşanan gelişmeler ışığında yapay sinir ağlarının uygulamada gösterdiği başarılı sonuçlara bağlı olarak birçok sektörde kullanıldığı görülmektedir.

Yapay sinir ağlarında kullanılan verilerin gerçek olmayan bir ortamda yapılan çalışmalar gerçek hayatta kullandığımız veriler kullanılarak yapılmıştır. Yapılan bu simülasyonların verdiği sonuçların gerçekte büyük oranda örtüştüğü görülmektedir. Günümüzde evlerimizde kullandığımız ev aletlerinden tutunda, hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olan cep telefonlarımıza kadar yapay sinir ağı uygulama örneklerine rastlamak mümkündür. Yapay sinir ağı tabanlı uygulamaları; banka ve finans uygulamaları, endüstriyel faaliyetlerdeki uygulamaları, özellikle savunma sanayi gibi askeri faaliyetlerde ve sağlık alanındaki uygulamaları olarak sınıflandırabiliriz (Öztemel, 2012).

Belirtilen sınıflandırmalardaki uygulamalar incelendiğinde yapay sinir ağlarının, teşhis, veri filtreleme, tahmin, tanıma ve eşleştirme gibi yöntemlerde kullanımının yoğunluk gösterdiğini görmekteyiz. Bunların yanında üretim ve güvenlik alanı başta olmak üzere otomotiv sektöründe dinamik rehberlik sistemlerinin geliştirilmesinde, üretim alanında yapılan hataların teşhisinde, üretim, planlama ve kontrol işlerinde, kimya sektöründe, gaz, elektrik ve su kullanımı gibi parametrelerin tahmin edilmesi gibi uygulama örneklerinin olduğunu söyleyebiliriz.

Yapay sinir ağı tabanlı tahmin uygulamalarının bir diğer önemli kullanım alanı ise, arıza analizi ve tespiti yapabilen uygulama örnekleridir. Bu sistemler sayesinde, kullanılan cihaz veya buna benzer yapıların işleyiş prensibini öğrenen bir nöron ağı yardımıyla, sistemde meydana gelebilecek arızaları önceden tanımlamak mümkün hale gelmektedir. Bu amaç temelinde çalışan yapay sinir ağları; elektrikle çalışan aletler, uçaklarda kullanılan elektronik malzemeler ve elektriksiz ekipman kaynaklı ekipmanlarının arızalarının önceden tespitinde kullanılmaktadır (Öztemel, 2012).

Yapay sinir ağlarının çalışma prensibinin insan beyninin çalışma şekline benzemesinden dolayı, tıp ve sağlık alanında birçok uygulamanın geliştirilmesine yol açmıştır. Tıp dünyası özellikle hastaların tıbbi belirtilerinin analizi, kanserli hücrelerin tanımlanması çalışmaları, solunum yolu hastalıklarının teşhisi, hastalıkların resimlerden teşhisi ve radyolojik verilerin karşılaştırılması, hastane giderlerinin geçmiş ve gelecek döneme dair karşılaştırılmasının yapılması gibi sağlık alanında hayati fayda sağlayan birçok yapay sinir ağı uygulaması mevcuttur (Karahana, 2011).

Yapay sinir ağı tabanlı uygulamaların günlük hayattaki uygulamaları kadar savunma sanayi başta olmak üzere askeri alandaki uygulamaları da ülkelerin askeri gücünün etkinliğinin artırılması açısından çok büyük öneme sahiptir. Askerlerin kullandığı silahların otomasyonu ve hedef tanıma ve izleme sistemleri, radarlarda görüntüleme işaretlerinin işlenmesi, askeri uçakların uçuş yörüngelerinin belirlenmesi, hava savunma sistemleri, mayın detektörleri gibi çok geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Kısaca yapay sinir ağları gerçek hayatta karşılaşılan birçok soruna çözüm getirmesinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir diyebiliriz. Yukarıda verilen örneklemeler bu alanların en önemlileri arasında sayılabilir. Örneklemelerden de anlaşılacağı üzere yapay sinir ağları klasik bilgisayarların teknik özelliklerinden kaynaklı sorunlar nedeniyle yetersiz ve yavaş olduğu söylene de insan zekasını kolayca taklit etmesi nedeniyle de avantajlı bir uygulama olarak kullanılmaktadır.

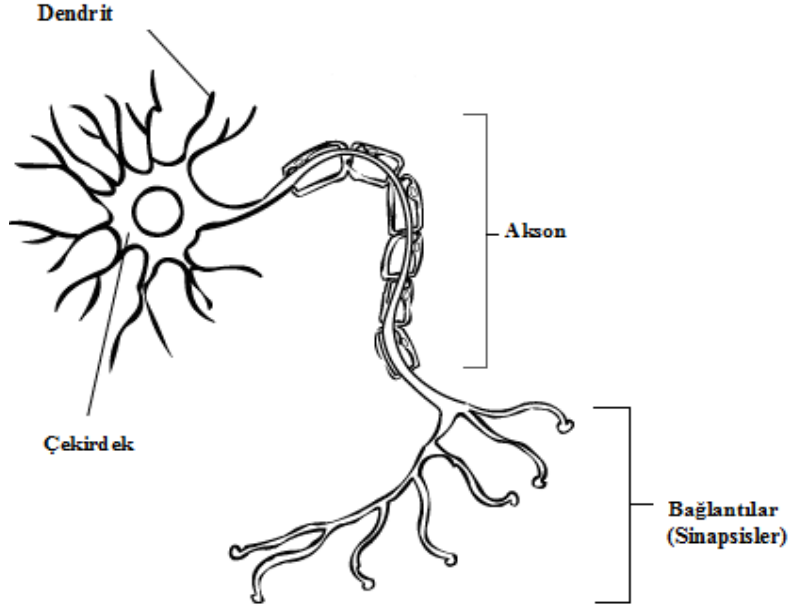
4.5 YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI VE TEMEL ELEMANLARI

4.5.1 Biyolojik Sinir Hücresi

Yapay sinir ağları insanlarda bulunan biyolojik sinir sistemlerinden esinlenerek geliştirilmiştir. İnsan beyninin öğrenmede kullandığı çalışma prensibi ilkesine dayanan yapay sinir ağlarının anlaşılması için biyolojik sinir hücrelerinin ağ yapısı ve çalışma prensibinin bilinmesi gerekir.

İnsanlar çevrelerinde yaşanan olayları anlayıp, davranış biçimi haline getirmek için sinir hücrelerini kullanırlar. Vücudumuzda bulunan sinir ağları, nöron adı verilen milyonlarca sinir hücresinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Birbirlerine bağlı olarak bulunan sinir hücreleri aralarında sayıları saniyede 1000 taneye ulaşabilecek sinyallere bağlı olarak ortaya çıkan titreşimler yardımıyla bir elektro-kimyasal olay zinciri oluşturarak birbirleriyle iletişim kurmaktadır (Karahan, 2011).

Biyolojik sinir sistemimizin temelini oluşturan nöronların yapısı, aşağıda Şekil 4.1'de gösterildiği üzere dendrit, akson, çekirdek ve bu bileşenler arasındaki bağlantılar olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır.



Şekil 4.1: *Biyolojik Sinir Hücresinin (Nöron) Yapısı* (Fausett, 1994)

Yukarıda şekilde de görseli bulunan sinir hücrelerinin ucunda ağaç kökü görünümünde dendritlerin görevi, farklı nöronlardan veya duysal organlardan iletilen sinyalleri bağlı olduğu çekirdeğe iletmektir. Çekirdek tarafından, dendritten gelen sinyaller toplanır ve sinir hücresi içerisinde binlerce dala ayrılan ince ve uzun kolları bulunan aksonlara iletilir. Burada aksonlar tarafından işlenen sinyaller nöron hücresinin diğer ucundaki bağlantı (sinapsis) noktalarına gönderilir. Buradaki sinir hücreleri arasındaki bağlantılar, elektrik sinyallerinin bir hücreden diğer hücrelere geçmesine olanak tanıyan boşluklar olarak adlandırılır. Aksonlardan gelen sinyaller, sinaptik bağlantılar yardımıyla, nörotransmitterler aracılığıyla diğer nöronlara iletilmektedir (Fausett, 1994).

Kısaca nöronlar insan beyninin temel yapı taşlarıdır. İnsanlar biyolojik sinir hücreleri sayesinde etrafındaki olayları yorumlayarak, kendisi için en uygun çıktı olacak hale getirmektedir.

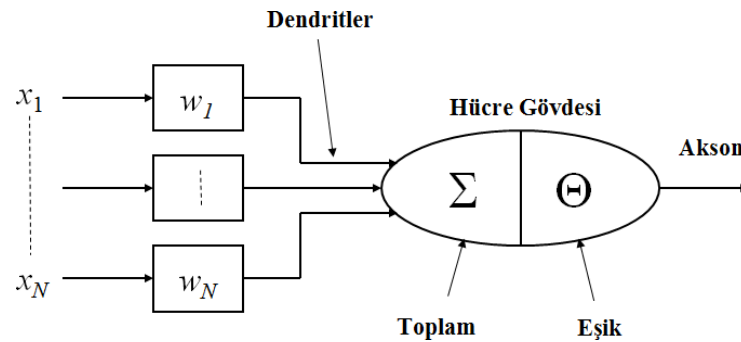
4.5.2 Yapay Sinir Hücresi

Yapay sinir hücreleri doğal halde bulunan biyolojik sinir hücrelerine benzerler. Yapay olarak oluşturulan nöronlar kendi aralarında kurdukları bağlar yardımıyla yapay sinir ağlarını oluştururlar. Yapay sinir ağları denilen yapılar, biyolojik sinir sisteminin işleme birimi olan nöronlar gibi matematiksel olarak modellenenirler ve birbirleriyle ilişkilendirilebilirler. Aynı şekilde biyolojik nöronlar gibi yapay nöronlarda girdi olarak

kullandıkları sinyalleri, toplayıp işledikten sonra çıktı olarak ilgili bölümlere iletirler. Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarının taklit edildiği matematiksel modellerdir. Dışardan girdi olarak girişi yapılan veri veya veriler yapay sinir ağına dönüştürüldüğünde, insanlarda bulunan biyolojik sinir sistemlerinde olduğu gibi yapay nöronlar yardımıyla çıktılar üretebilirler. İlk başlarda ortaya çıkan veriler istenen değerlerden uzak çıkabilir, fakat yapay sinir ağlarındaki öğrenme işlemi devam ettikçe yapay nöronlar arasındaki sinaptik ağırlıkların ayarlanmak suretiyle çıktılarda yakın değerlere ulaşılabilir ve böylece öğrenme süreci tamamlanır (Karahana, 2011).

Günümüzün yapay sinir ağlarının temeli geçmiş bölümlerde de anlatıldığı gibi, 1940'lardan sonra McCulloch ve Pitts tarafından atılmaya başlanmıştır. Bu iki değerli bilim insanı ilk yapay sinir hücresi yapısını oluşturarak, bu hücrelerle insan beyni tarafından mantıklı olarak kabul edilen her türlü ifadeyi formüle etmenin mümkün olduğunu göstermişlerdir (Öztemel, 2012).

Aşağıda Şekil 5'te, McCulloch ve Pitts tarafından 1943 yılında geliştirilen nöron modelinin yapısı gösterilmektedir (Akın, B. (2017). Şekil 4.2'de gösterilen yapay sinir hücresinde, ağırlıklı girdi toplamını eşikten geçtikten sonra değeri ile yapılacak karşılaştırmanın sonucuna dayanarak çıktı üreten bir çalışma yapısına sahiptir (McCulloch & Pitts, 1943).



Şekil 4.2: McCulloch-Pitts Nöron Modeli (Barutçu, 2016)

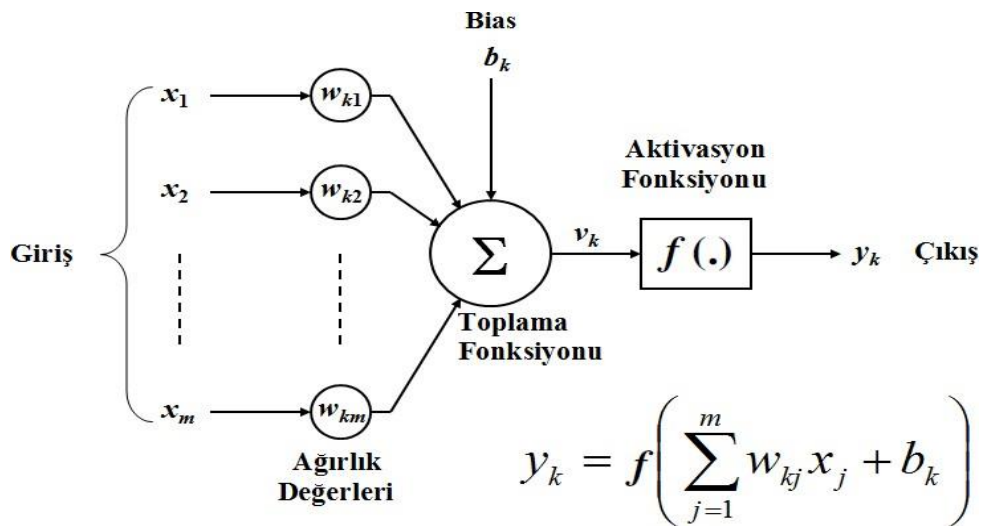
Yukarıda gösterilen modelde kısaca ağırlıklı toplam değer, eşik değerinden büyük ya da eşitse hücrenin çıktı değeri 1'e küçükse 0'a eşittir (Hamzaçebi, 2011). Bu modelde hücrelerin öğrenme yeteneği olmadığından ağırlık değerleri karar verici tarafından verilmekteydi. 1950'li yıllarda bilim insanı Frank Rosenblatt başta olmak üzere birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarla, algılayıcı denilen sinir ağlarını geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu ağlardaki nöronların, McCulloch-Pitts tarafından geliştirilen yapay sinir

hücrelerinden farkı, nöron hücrelerinin eğitilmesi için bir öğrenme kuralının geliştirilmiş olmasıdır (Hamzaçebi, 2011).

Algılayıcı denilen yapılar yapay sinir ağlarının en basit biçimidir. Algılayıcılar tek ve çift katmanlı olmak üzere iki gruba ayrılırlar:

Algılayıcıların birincisi olan tek katmanlı algılayıcılar (TKA), yapısı gereği sadece girdi ve çıktı katmanlarından oluşmaktadır. Ağdaki çıktı verileri, belli bir ağırlığa ulaşmış değerlerin toplanarak eşikten geçirilmesi ile bulunur. Tek katmanlı algılayıcılardan en bilenleri, ADALINE ünitesi ve birden fazla ADALINE ünitesinin bir araya gelmesiyle oluşan MADALINE üniteleridir. Tek katmanlı algılayıcıların uygulamada karşılaşılan en önemli sorunu doğrusal olmayan olayları öğrenmeyi gerçekleştirememeleridir (Öztemel, 2012).

Tek katmanlı algılayıcıların doğrusal olmayan olayları öğrenememeleri nedeniyle çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA) geliştirilmiştir. ÇKA ağlarının genel yapısına bakıldığında ileriye doğru üç katmandan oluştuğu görülmektedir. Bu katmanlardan olan girdi katmanından ağı sunulan veriler ara katmanlardan geçerek çıktı katmanına doğru ilerler ve çıktı katmanına gelen bilgilere karşılık ağ tarafından yapılan tahminler dış dünyaya verilir. Çıktı katmanına gelen verileri dış dünyaya verirken, çok katmanlı ağların kullandığı strateji öğretmenli öğrenme yöntemidir (Öztemel, 2012).



Şekil 4.3: Modern Nöron Modeli (Barutçu, 2016)

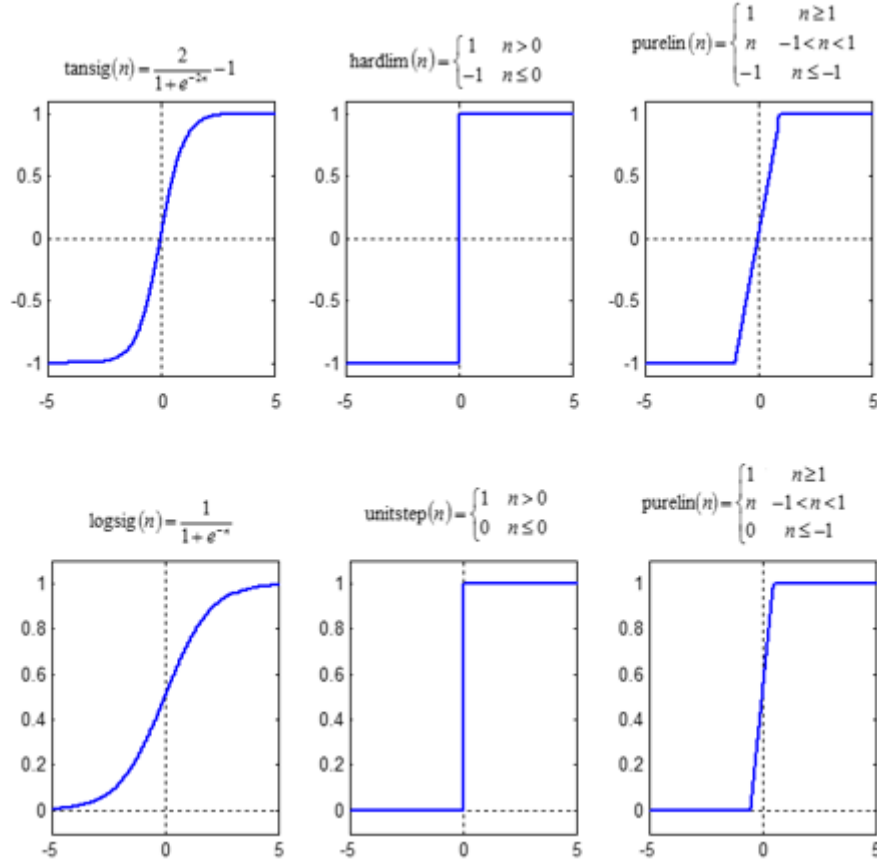
Şekil 4.3’de basit yapay sinir ağlarının geliştirilmesiyle meydana getirilen modern nöron modelini göstermektedir (Barut, 2013).

Şekil 4.2’de gösterilen modelde yapay sinir hücrelerinin temel yapı elemanları ile birlikte katmanlardaki matematiksel fonksiyonlarda gösterilmektedir. Her bir girdi verisindeki değişim, nöron hücresi çıkışında belirli bir değişime neden olmaktadır. Bu değişimin büyüklüğü girdi verisinin derecesine göre değişiklik göstermektedir. Mühendislik alanında süreç elemanı olarak isimlendirilen yapay sinir hücreleri, girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkış olmak üzere beş ana bölümden oluşur. Girdiler, dış dünyadan yapay sinir hücresine kadar olan bilgilerdir. YSA’da kullanılan bilgiler nöron modeline dış dünyadan geldiği gibi, başka hücreler ve kendi içerisinde de gelebilir (Öztemel, 2012). Girdi katmanları yapay sinir ağlarının algılayıcıları olduğundan, alınan veri üzerinde matematiksel olarak bir işlem yapmaksızın iletici görevi yaparlar ve verilerin bir sonraki katmana iletilmesini sağlarlar.

Ağırlıklar olarak adlandırılan katmanlar, yapay bir hücreye gelen bilginin önem derecesini ve hücre üzerindeki etkisini göstermektedir. Şekil 5’te de gösterildiği gibi, w_1 , x_1 ağırlık değeri, girdi değerinin hücre üzerindeki etkisini göstermektedir. Ağırlıkların model üzerindeki tüm işlemlerde etkili olması için, girdi verileri ile nöronlar iletişimi sağlayan tüm bağlantıların farklı farklı ağırlık değerlerinin olması gerekmektedir. Ağırlık değerleri değişken veya sabit bir değer olabilmektedir. Başlangıç olarak alınan değerler genellikle -1 ile +1 aralığında rastgele seçilen değerlerdir. Ağırlıkların değiştirilmesiyle, ağlardaki öğrenme işlemi gerçekleştirilir. Burada bahsedilen ağırlıklar, biyolojik sinir hücrelerinde bulunan sinaptik membranların geçirgenliği olarak düşünülebilir (Öztemel, 2012) (Karahana, 2011).

Toplama fonksiyonu olarak adlandırılan bölüm ise, biyolojik sinir hücrelerindeki hücre çekirdeğinin yapmış olduğu görevi yaparak hücreye gelen girdinin hesaplamasını yapar. Bu işlem için değişik fonksiyonlar kullanılıyor olsa da en yaygın olarak fonksiyon ağırlıklı toplama fonksiyonu kullanılmaktadır. Kısaca yapay sinir hücresine gelen girdi verileri ağırlıklarıyla çarpılır ve girdi katmanına gelen net girdi değeri bulunur (Öztemel, 2012).

Aktivasyon fonksiyonu bölümünde ise, toplama fonksiyonlarından gelen net girdi işlenerek, hücrenin girdiye karşılık ortaya çıkaracağı çıktı değeri belirlenir. Aktivasyon fonksiyonunda, toplama fonksiyonunda olduğu gibi değişik formüller kullanılarak çıktı değeri hesaplanır. Aşağıda Şekil 7’de aktivasyon fonksiyonuna örnekler gösterilmiştir (Barut, 2013).



Şekil 4.4: Aktivasyon Fonksiyonu Örnekleri (Barutçu, 2016)

Aktivasyon fonksiyonunda, ağ üzerindeki işlemcilerin hepsinin aynı fonksiyonu kullanması gerekmez. Bazıları aynı diğer işlemci elemanları ise farklı fonksiyonları kullanabilir. Yapay sinir ağlarında işlem yapan, yaptığı denemelere göre ulaştığı sonuca bağlı olarak, var olan problemin çözümüne en uygun fonksiyonu belirleyebilir. Aktivasyon fonksiyonu olarak hangi fonksiyonun seçileceği nöron ağından çıkan verilere ve ne öğretilmek istendiğine göre değişiklik göstermektedir (Karahana, 2011).

Günümüzde en çok kullanılan çok katmanlı algılayıcılarda kullanılan aktivasyon fonksiyonu ise Sigmoid fonksiyonudur (Öztemel, 2012).

Son olarak hücre çıktısı olarak adlandırılan bölüm ise, aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenerek çıktı olarak başka bir hücre veya dış dünyaya gönderilen değerlerin bulunduğu bölümdür. Burada ortaya çıkan değer, hücrenin kendisine tekrar girdi değeri olarak da gönderilebilir. Ağ şeklinde gösterildiğinde süreç elemanının birden fazla çıktısı varmış gibi gözüküyor olsa da proses elemanın çıkan bir çıktı değeri bulunmaktadır (Öztemel, 2012).

4.6 BİYOLOJİK VE YAPAY SİNİR AĞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Yapay sinir ağı, biyolojik sinir hücrelerinden esinlenilerek geliştirilmiştir. Günümüzde birçok çalışmaya konu olsa da beyin ve nöron hücrelerinin çalışma prensibi tam olarak bilinmemektedir. Ancak teknolojik gelişmelere bağlı olarak bilgisayarlardaki yaşanan gelişmeler neticesinde insan beyni ve nöron sisteminin çalışma prensibine dair önemli çalışmalar yapılmış ve nöron sisteminin çalışma prensibini taklit eden modeller yapılmaya başlanmıştır. Aşağıdaki Tablo 4.1’de biyolojik nöron hücrelerine karşılık gelen yapay sinir hücresi elemanları gösterilmektedir (Karahan, 2011).

Tablo 4.1: *Biyolojik ve Yapay Sinir Ağlarının Karşılaştırılması (Karahan, 2011)*

Biyolojik Sinir Ağı	Yapay Sinir Ağı	Görevi
Dendrit	Alıcı	Çevreden gelen veriyi alır
Akson	Verici	Gövdenin oluşturduğu veriyi iletir.
Hücre Gövdesi	Toplayıcı ve Aktivasyon Fonksiyonu	Gelen veriyi toplayarak yorumlar ve çıktıyı oluşturur.
Sinaptik Ağırlıklar	Bağlantı Ağırlıkları	Öğrenilenleri hafızada saklar.

Tabloda görüldüğü üzere insanlarda bulunan her bir nöron hücresinin yapay sinir ağlarında da bir karşılığı tasarlanarak biyolojik sinir hücrelerinin bir kopyası yapılmaya çalışılmıştır.

4.7 YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI

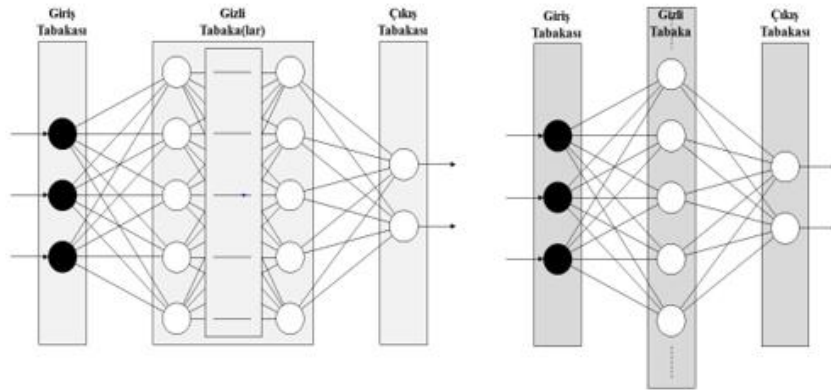
Daha önceki bölümlerde anlatıldığı üzere, yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağı denilen yapıları oluştururlar. Genel olarak çalışma prensipleri girdi verilerini, çıktı verilerine dönüştürmek olan yapay sinir ağlarının doğru bilgiyi üretebilmeleri için eğitilmeleri gerekir. Yapay sinir ağı için, birbirine bağlanmış birden fazla basit işlemci elemanından verilerinden çıktı oluşturan bir kara kutuya benzetilebilir. Şekil 4.5’de gösterilen kara kutu, dışarıdan aldığı verileri alıp, içerisinde ürettiği çıktı verilerini dışarıya aktarır. Bu işlemi yaparken kara kutu içerisinde neler olduğu bilinmez. Kara kutu olarak adlandırılmasından da anlaşılacağı üzere, yapay sinir ağlarının sonuçları nasıl oluşturduğunu açıklama yeteneği bulunmamaktadır (Öztemel, 2012).



Şekil 4.5: Yapay Sinir Ağlarının Kara Kutu Benzetmesi (Öztemel, 2012)

Şekil 4.5’de gösterilen kara kutu, basit bir matematiksel fonksiyonu temsil etmektedir. Yapay sinir ağları bu fonksiyonun matematiksel karşılığına ihtiyaç duymaz çünkü kendisinin ihtiyaç duyduğu girdi örnekleridir. Diğer bir ifadeyle, modelin öğrenme sürecini tamamlaması için geçmiş ile alakalı girdi örneklerinin olması yeterlidir. Kullanılan girdi örnekleri ile bilgisayar tarafından öğrenilmesi istenen ilişkilerin doğru kurulması önemlidir. Var olan problemin ağa gösterim şekli, ağın sahip olduğu yapı, ağın öğrenmede kullandığı öğrenme kuralı, bilgi toplama ve sonuç üretme mekanizmalarının seçimi, ağın doğru sonuç verme potansiyeli üzerinde etkili olacaktır (Toktaş & Aktürk, 2004).

Yapay sinir ağlarını meydana getiren hücreler üç tabaka halinde ve her tabaka içinde paralel olacak şekilde bir araya gelerek ağı oluştururlar. Şekil 4.6’da bir taneden veya birden fazla gizli tabakadan oluşan YSA örnekleri verilmiştir (Barut, 2013).



a) Birden fazla gizli tabakadan oluşan YSA örneği

b) Tek gizli tabakadan oluşan YSA örneği

Şekil 4.6: YSA'yı Oluşturan Tabakalar (Barutçu, 2016)

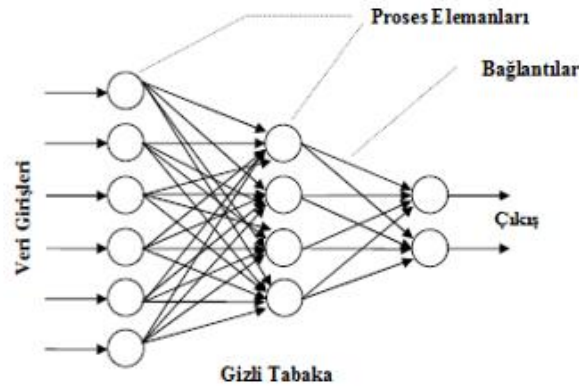
Yapay sinir ağları birden fazla gizli tabaka içerseler de yeterli sayıda nörona sahip tek gizli katmanı bulunan yapılarında birden çok gizli katmanı bulunan tabakaların yaptığı işi yapabildiği teorik olarak ispatlanmıştır (Barut, 2013).

Yapay sinir ağlarını oluşturan katmanları aşağıda anlatıldığı gibi açıklayabiliriz:

En az bir giriş verisinin bulunduğu bölüm olan giriş katmanı, dış dünyadan alınan bilgilerin aktarımın yapıldığı bölümdür. Giriş katmanında bulunan ağlarda genellikle herhangi bir bilgi işleme yapılmaz (Öztemel, 2012).

Giriş katmanından sonraki katman olan gizli katman ise bilgilerin işlendiği ve çıkış katmanına yönlendirildiği kısımdır. Seçilen ağ yapısına göre, gizli tabakanın yapısı, işlevi ve fonksiyonunda değişiklik olabilir. Gizli katman tek bir katmandan oluşabileceği gibi, birçok katmandan da oluşabilmektedir (Karahan, 2011).

Son olarak karşımıza, girdi katmanı ile başlayıp, gizli katmanda işlenerek üretilen bilginin dışarı verildiği çıkış katmanı çıkmaktadır. Şekil 4.7’de, örnek bir yapay sinir ağı gösterilmiştir.



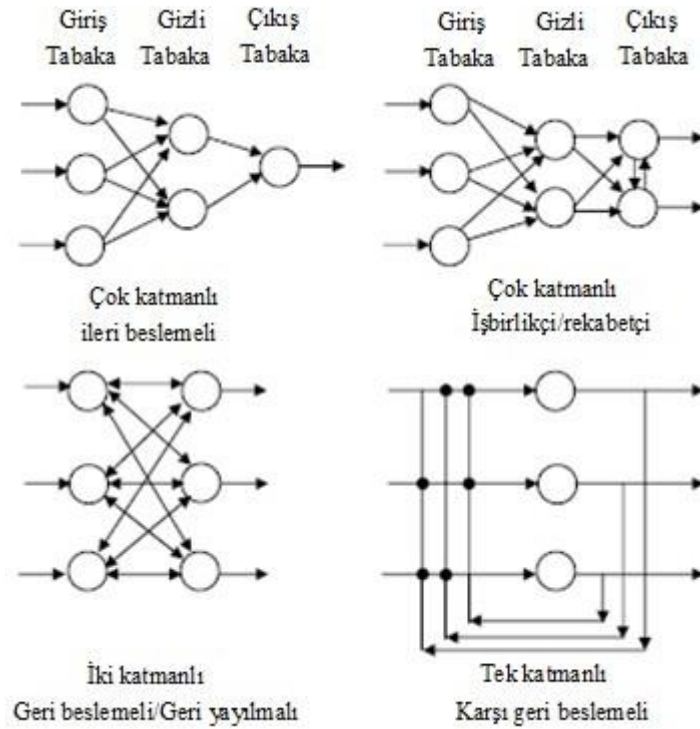
Şekil 4.7: Bir Yapay Sinir Ağı Örneği (Öztemel, 2012)

Hiyerarşik olarak birbirine bağlı olan ve paralel olarak çalışan yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağlarını oluştururlar. Şekil 4.7’de gösterilen ve proses elemanları olarak da adlandırılan nöronların birbirlerine bağlandıkları ve her bir bağlantının bir değer ifade ettiği kabul edilmektedir. Bahsedilen bağlantıların ağırlık değerleri önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi öğrenme sırasında belirlenmektedir. Ağa verilen örneklerden yola çıkarak eğitilen sistemin, yine ağ tarafından bir genelleme yapısı ile girdi setine karşılık bir çıktı verisi verme işlemine öğrenme işlemi denir (Öztemel, 2012).

Burada bahsedilen öğrenmenin nasıl gerçekleştiği ile ilgili bilgiler ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

4.8 YAPAY SİNİR AĞLARININ SINIFLANDIRILMASI (YSA MİMARİSİ)

Hücrelerimizin bağlantı yapılarına, öğrenmede kullandıkları kurallara ve aktivasyon fonksiyonlarına göre çeşitli yapay sinir ağı modelleri geliştirilmiştir. Birden fazla nöronun bir araya gelerek oluşturdukları yapay sinir ağı belli başlı mimari özelliklerle tanımlanabilir. Aşağıda Şekil 4.8’de mimari özelliklerine göre en çok kullanılan yapay sinir ağıları gösterilmiştir (Kartalopoulos, 1996).



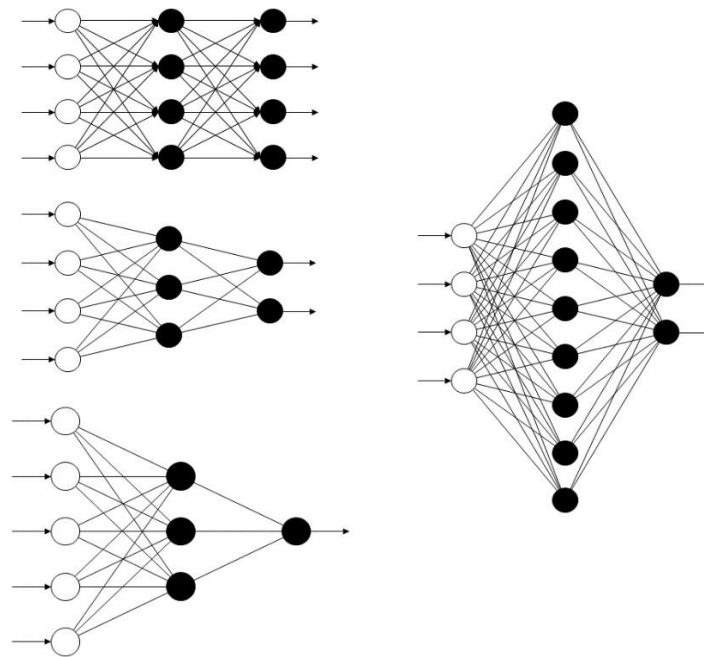
Şekil 4.8: Çeşitli Yapay Sinir Ağı Mimarileri (Kartalopoulos, 1996)

Yukarıdaki bölümlerde geniş olarak bahsedildiği gibi YSA’lar tek tabakadan oluştukları gibi, birden fazla tabakadan da meydana gelebilirler. Yaygın olarak kullanılan YSA mimarileri incelendiğinde, istenen veri çıkışını üretmesi için oluşturulan bir giriş tabakası, çıkış verilerinin elde edildiği çıkış tabakası ve bu iki katman arasında bulunan en az bir gizli tabaka bulunmaktadır. Giriş-çıkış tabakaları arasında bulunan gizli tabaka, dış ortamla bağlantısı olmayan nöronlardan oluşmaktadır. Dışarı ile bağlantısı olmayan nöronlar girdi verilerini çıktı tabakasına gönderirler (Tolon & Tosunoğlu, 2008). Ağ üzerindeki gizli katman sayısı bir ya da birden fazla olmak zorundadır çünkü çıktı değerindeki verilerin elde edilmesi için girdi ve çıktı katmanı arasında bir gizli katman olmalıdır (Kartalopoulos, 1996).

Yapay sinir ağlarının mimari yapıları işleyiş biçimlerine göre ileri beslemeli ve geri beslemeli olmak üzere iki farklı yapıda incelenmektedir. Aşağıda bu iki yapı hakkında bilgiler verilmiştir.

4.8.1 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

İleri beslemeli yapay sinir ağları denilen yapılarda işaretler tek bir yönde olacak şekilde giriş tabakasından çıkış tabakasına doğru ilerler. Bir tabakadan elde edilen veri ya da veriler diğer tabakadaki nöron hücrelerini etkilemez. Aşağıda Şekil 12’ de ileri beslemeli olarak çalışan ve farklı mimari yapıya sahip yapay sinir ağına örnekler gösterilmiştir.



Şekil 4.9: Çeşitli İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Mimarileri (Barutçu, 2016)

İleri beslemeli ağ yapılarının da nöronlar sadece bir sonraki tabakada bulunan nöronlarla bağlantı kuracak şekilde tasarlanmışlardır. Şekil 4.9’da gösterilen örneklerde de görüldüğü gibi aynı tabaka içerisindeki nöronlar hiçbir zaman birbirleriyle bağlantı kurmazlar (Barutçu, 2016). Bu tip modellerde ağın çıktısı, tamamen ağa giren girdilere göre değişiklik gösterir. İleri beslemeli mimariye sahip ağlar herhangi bir dinamiklik özelliği taşımazlar. Gösterdikleri özellik bakımından bakıldığında doğrusal ve doğrusal olmayan problemlerin çözüldüğü alanlarda uygulamaları mümkündür (Tolon & Tosunoğlu, 2008).

4.8.2 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

İleri besleme ağların çalışma prensibinde, nöronlar sadece bir sonraki katmanda bulunan nöronlara bağlanırken, geri beslemeli ağ mimarilerinde bir katmanda bulunan nöronlar kendinden, tabakadaki diğer nöronlardan veya diğer katmanlardaki nöronlardan işaret taşıyabilmektedir. Bu durumdan dolayı, geri beslemeli ağlardaki bir nöronun çıkış değeri, nöronun o andaki verdiği çıkış değerleri ve ağırlık değerleriyle belirlenebildiği gibi, bazı nöronların önceki evrelerdeki çıkış değerlerinden de etkilenmektedir (Tolon & Tosunoğlu, 2008). Bir tür geri besleme işleminin olduğu bu ağ yapılarında işaret yönü ileri beslemeli ağ yapılarında olduğu gibi, girdi tabakasından çıkış tabakasına doğrudur. Aşağıdaki bölümlerde yapay sinir ağlarının öğrenme stratejileri ve öğrenmede kullandıkları kurallardan bahsedilecektir.

4.9 YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME STRATEJİLERİ

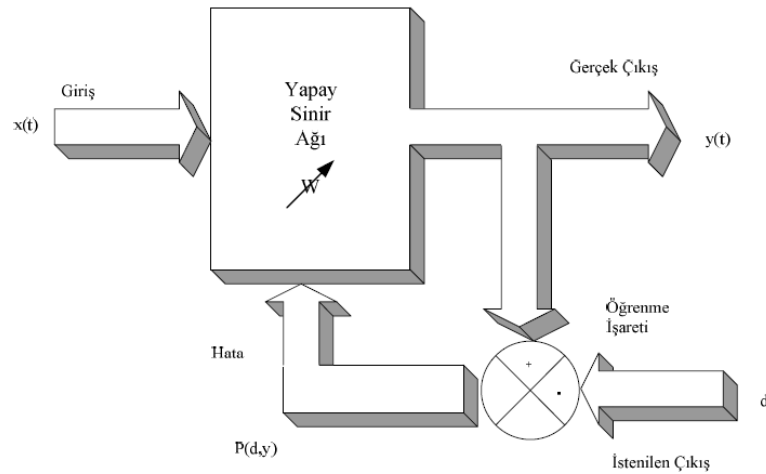
Öğrenme kavramı dediğimiz süreç, zaman içerisinde yeni bilgiler keşfedip bu bilgiler ışığında davranışların iyileştirilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Simon, 1983). Öğrenme eyleminin bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilmesi süreci ise, bir olay hakkında bilgi ve tecrübelerin öğrenilerek gelecekte ortaya çıkabilecek benzer olaylar hakkında mantıklı kararlar verilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu tür öğrenme işlemine makine öğrenmesi de denilmektedir. Tanımdan da anlaşılacağı üzere bir bilgisayarın problemlere çözüm üretebilmesi, öncelikle bilgisayarın ilgili olaylar hakkında gerekli bilgi ve donanımına sahip olmasına bağlıdır. Yapay sinir ağları kullanılarak öğrenme işlemini gerçekleştiren bilgisayarların gerekli bilgiler ile donatılması geçmiş dönemdeki örneklerden yola çıkarak mümkün olmaktadır (Öztemel, 2012).

Örnek olaylardan faydalanılarak öğrenmede temel prensip, herhangi bir olay hakkında verilen gerçekleşmiş örneklerden yola çıkarak oluşturulan girdi ve çıktı ilişkisini öğrenerek, daha sonraki öğrenmelerde bu girdi-çıktı ilişkisini kullanmak olduğu söylenebilir. Bilgisayarlar öğrenme işlemini yaparken sadece verilen örnekleri kullanırlar. Burada öğrenmeyi yapacak bilgisayar sistemi, verilen örnekler ile olaylar arasındaki ilişkiyi kurduğu bir algoritma sayesinde sağlamaktadır. Yapay sinir ağları gibi verilen örneklerden öğrenme işlemini gerçekleştiren sistemlerde, farklı farklı öğrenme stratejileri kullanılmakta ve öğrenmede kurulan algoritmada stratejilere göre değişiklik göstermektedir (Öztemel, 2012). Genel olarak üç grupta sınıflandırılan öğrenme stratejilerinden aşağıda

bahsedilmiştir. Bunlar eğitici öğrenme, eğitici öğrenme ve destekleyici öğrenme stratejileridir.

4.9.1 Eğitici (Supervised) Öğrenme

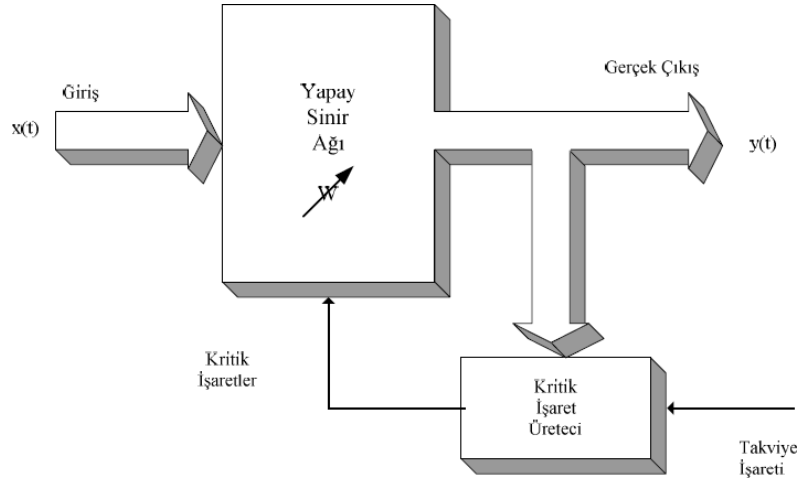
Eğitici öğrenme sisteminde adından da anlaşılacağı üzere öğrenilme işlemi gerçekleştirilirken bir yardımcı eğiticiden faydalanılır. Aşağıda Şekil 4.10'da öğrenilmesi hedeflenen verilerle ilgili örneklerin girdi değerleriyle, bu girdilerden yola çıkarak oluşturulan çıktı değerlerine ilişkin yardımcı bir eğiticiden yardım alan bir model gösterilmiştir. Modelde girdileri eğiticinin belirlediği bir şekilde haritalandırılmaktadır ve bu sayede girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiler öğrenilmektedir (Masters, 1993). Bu tip öğrenme sistemlerine Çok Katmanlı Algılayıcılar (ÇKA) kullandıkları strateji bakımından örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 4.10: Eğitici Öğrenme (Masters, 1993)

4.9.2 Destekleyici (Reinforcement) Öğrenme

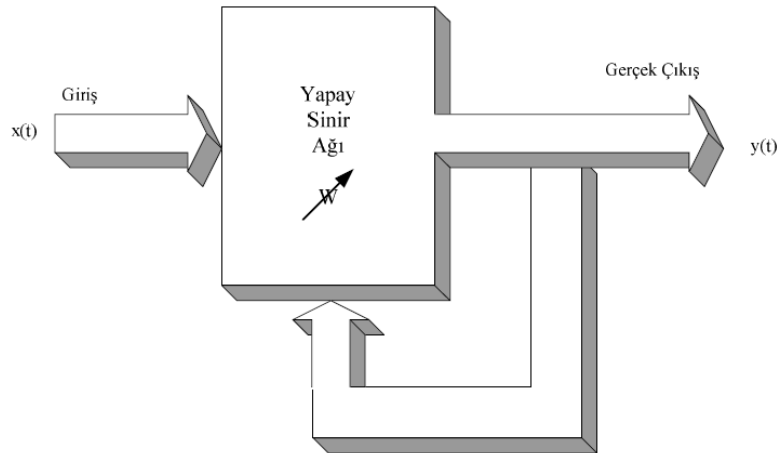
Destekleyici öğrenme modelinde de eğitici öğrenme sisteminde olduğu gibi yardımcı bir sistem öğrenmeye yardımcı olmaktadır. Destekleyici öğrenme sisteminde, sistem tarafından kendisine gösterilen girdilere karşılık kendi çıktısını üretmesini sağlar ve üretilen çıktı değerlerinin doğru veya yanlış olduğunu gösteren bir işaret üreterek eğiticinin bu işaret yardımıyla öğrenme sürecini sağlaması hedeflenmektedir (Masters, 1993). Öğrenme Vektör Nicemlemesi (Learning Vector Quantization) "LVQ" ağı bu sistemlere bir örnek olarak gösterilebilir. Şekil 4.11'de destekleyici öğrenme modeline örnek bir ağ yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.11: Destekleyici Öğrenme (Masters, 1993)

4.9.3 Eğiticişiz (Unsupervised) Öğrenme

Eğiticişiz öğrenme sistemi, çoğunlukla sınıflandırma sorunları için kullanılmaktadır. Bu stratejide, sistemin öğrenmesi için bir eğitici yardımına ihtiyaç yoktur. Şekil 4.12'de olduğu gibi, sistemin sadece girdi değerlerini göstererek numunelerdeki parametreler arasındaki nöron ağının ilişkileri hakkında bilgi edinmesi beklenmektedir (Masters, 1993). Sistem öğrenmeyi bitirdiğinde, çıktının ne anlama geldiği kullanıcı tarafından belirlenmelidir. En yaygın olarak "Kohonen Networks" ve "ART Networks" yapay sinir ağı modellerinde kullanılan bir yöntemdir. Aşağıda eğiticişiz öğrenme stratejisine örnek bir yapı gösterilmiştir.



Şekil 4.12: Eğiticişiz Öğrenme (Masters, 1993)

Yukarıda anlatılan öğrenme stratejilerine ek olarak, bu öğrenme yöntemlerini birlikte, kısmen öğretici ve kısmen öğretici içermeyen şekilde öğrenen ağlar da mevcuttur. “Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RBN)” ve “Olasılığa Dayalı Yapay Sinir Ağları (PBN)” bu yapılara yani karma denilen öğrenme yapılarına örnek olarak gösterilebilir (Öztemel, 2012).

4.10 YAPAY SİNİR AĞLARININ TEST EDİLMESİ

Yapay sinir ağlarındaki süreç elemanlarının (nöronlar) bağlantılarının ağırlık değerlerini belirleme sürecine ağırlık eğitimi denir. Başlangıçta rastgele atanan bu ağırlık değerleri, ağa örnekler gösterildiği gibi ağ tarafından değiştirilir. Yapay sinir ağına örnekler tekrar tekrar gösterilir ve doğru çıktıları üretmek için ağırlık değerlerinin bulunmasına izin verir (Öztemel, 2012).

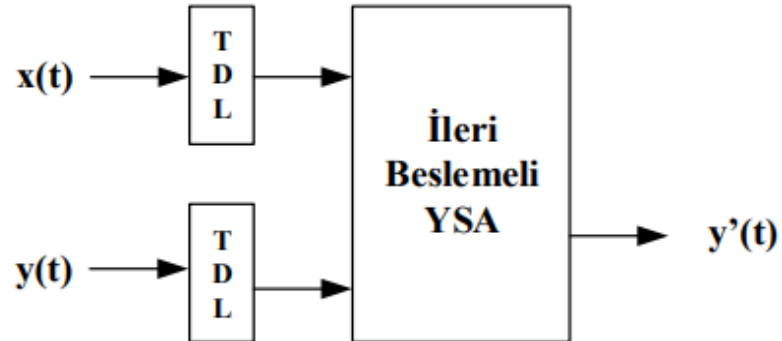
İleri derecede beslenen bir YSA, girdi değerlerini çıktı değerlerine nasıl çevirdiğini açıkça göstermez, bu ilişkiyi içindeki ağırlık faktörleriyle tanımlar. Ağırlık dereceleri faktörleri ve bunun yanı sıra hata terimi kullanılarak parametre optimizasyon tekniği yardımıyla uygulaması yapılır (Haykin, 1999).

4.10.1 Doğrusal Olmayan Otoregresif Sinir Ağları

NAR (Doğrusal Olmayan Otoregresif) modeline dayalı yapay sinir ağı yapılarında tahmin edilmek istenen parametreye ait geçmiş dönemlerdeki verileri içeren bir girdi serisi ele alınarak sonuca ulaşmak hedeflenmektedir. Bir zaman serisinin, gelecekte alabileceği değerler, girdi olarak ele alınan zaman serisinin geçmişteki değerleri alınarak tahmin edilmeye çalışılmaktadır (Yılmaz, B. 2015). Çalışmada yöntemleri aynı olup farklı denklemler üzerinden sonuç veren NOR-SA modeli kullanılmıştır.

Nar modeline bağlı YSA’lar, yapıları itibariyle tek değişkenli regresyon verileri sunmaktadır. Buradaki tahminleme yöntemi doğrusal olmayan otoregresif ağlar olarak isimlendirilmektedir. Ancak bazı durumlarda bu ağlar güvenli sonuçlar vermeyebilir. Böyle durumlarda diğer parametreleri de modele dâhil ederek çözüm üreten NARX ağı ortaya çıkmaktadır. NARX (Doğrusal Olmayan Otoregresif Eksojen) modeline dayalı YSA’lar iki katmanlı ileri beslemeli, döngülü ve dinamik ağ yapılarıdır. NARX ağları NAR ağlarının farklı değişkenlerini de içine alabilecek şekilde geliştirilmiş ağ yapılarıdır. Modelin isminde yer alan “X”, eksojen değerlerini, yani harici parametreleri de modelin içine almaya imkân sağlamaya yarayan değerdir. NARX modeline dayalı yapay sinir ağları,

zaman serisi tahminlerine dayalı uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Menezes Jr, J. M. P., & Barreto, G. A. (2008).



Şekil 4.13: *Parelel NARX Mimarisi (Yılmaz, 2015)*

Şekil 4.13’de $x(t)$ geçmişteki (eksojen) parametrelerini ifade etmektedir. Yine $y(t)$ ifadesi ise tahmin edilen zaman serisini göstermektedir. Çıktı olarak ise $y'(t)$ ifadesi verilmektedir.

BÖLÜM 5: YÖNTEM

5.1 ÇALIŞMA ALANI

İş kazalarından dolayı ortaya çıkan maddi ve manevi maliyet oranlarına bakıldığında ülke ekonomisine önemli bir yük getirdiği görülmektedir. Ayrıca iş kazasına bağlı meslekte kazanma gücü kaybı yaşayan kalifiye eleman oranında da önemli bir azalışa neden olarak nitelikli iş gücü kaybı yaşanmasına da neden olmaktadır. Dolayısıyla iş kazalarının önüne geçilmesi için yapılacak çalışmaların getirisi iş sağlığı ve güvenliği paydaşları açısından önemli bir yere sahip olmaktadır. Kısaca önlemenin ödemekten ucuz olduğu gerçeği geçmiş dönemde yaşanan olaylardan tecrübeyle sabittir.

Buradan hareketle bu çalışmada insan beynindeki sinir ağlarının çalışma prensibinden yola çıkarak oluşturulan yapay sinir ağları (YSA)'nın iş kazası ve meslek hastalıklarının öngörülebilirliğine yönelik bir örnek oluşturması amaçlanmaktadır. Çalışmada ilk olarak 2000-2020 SGK istatistik yıllıklarından alınan parametrelerden yola çıkılarak, yıllara toplam iş kazası sayısı ve zorunlu sigortalı sayıları MATLAB uygulamasında girdi (input) olarak verilmiştir. Uygulamadan çıkan tahminler olarak ise iş kazası geçiren çalışanların cinsiyete göre genel yaş ortalaması, sürekli iş göremezlik süreleri ve ölümlü iş kazası sayılarının yapay sinir ağları ile tahmini yapılmıştır. Daha sonra MATLAB uygulaması kullanılarak genelden özele bir çalışma yapılmış olup, 2001-2020 yılları arasındaki SGK istatistik yıllıklarından ülkemizde insan sağlığı hizmetleri alanında faaliyet gösteren iş kollarında yaşanan yıllara göre toplam iş kazası sayısı ve zorunlu sigortalı sayıları girdi (input) olarak kullanılarak, geçici ve sürekli iş göremezlik, cinsiyete göre iş kazası sayıları ve cinsiyete göre sürekli ve geçici iş göremezlik sayılarının yapay sinir ağları yöntemiyle tahmini yapılmıştır.

5.2 METOT

Bu çalışmada yapay sinir ağları derin öğrenme uygulaması olan MATLAB uygulaması kullanılmıştır. MATLAB uygulamasına SGK tarafından kurumun internet sayfasından her yıl yayınlanan istatistik yıllıklarındaki veriler tablo oluşturularak yapay sinir ağının derin öğrenmesi sağlanmıştır. Devamında MATLAB uygulaması sayesinde girdiler uygulamaya yüklenerek çıktı olarak tahminlere dair veriler elde edilmiştir.

5.2.1 Veri Seti ve Veri Toplama Araçları

Yapılan bilimsel araştırmada kullanılan veriler Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) resmi istatistiklerinden elde edilmiştir. Elde edilen veriler, web sitesinde yıllık olarak yayınlanan raporlardan alınmıştır. Bu veriler, 2001-2020 yıllarına ait, Toplam iş kazası, zorunlu sigortalı sayısı, sürekli ve geçici iş göremezlik değişkenleri alınmış, Tablo 5.2 ve Tablo 5.5'te gösterilmiştir.

5.2.2 MATLAB Uygulaması

Veri setlerinin yapay sinir ağları ile modellenmesinde, geçici ve sürekli iş göremezlik, cinsiyete göre iş kazası sayıları ve cinsiyete göre sürekli ve geçici iş göremezlik sayılarının veri setleri kullanılarak oluşturulan yapay sinir ağı mimarilerinin tahmin performansları değerlendirilmiştir. Veriler MATLAB uygulaması zaman serileri (time series) modülünde olan ileri beslemeli ağ kullanılarak incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan programda, gizli katmanda sigmoid fonksiyonu, transfer fonksiyonu olarak, çıktı katmanında ise doğrusal transfer fonksiyonları kullanılmıştır. Programda hazır olarak seçilen öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt (LM) geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Öğrenme algoritması olarak seçilen algoritmanın seçilme nedeni, çok hızlı ve kolay sonuç vermesidir. Literatüre bakıldığında yapılan çalışmalarda Levenberg-Marquardt (LM) algoritmasının kullanılmasının en önemli nedeni, yapay sinir ağlarının eğitiminde sağlamış olduğu hız ve kararlıktan kaynaklanmaktadır (Jayalakshmi, Santhakumaran, 2011: 89-93).

5.2.3 Tahmin Yöntemleri

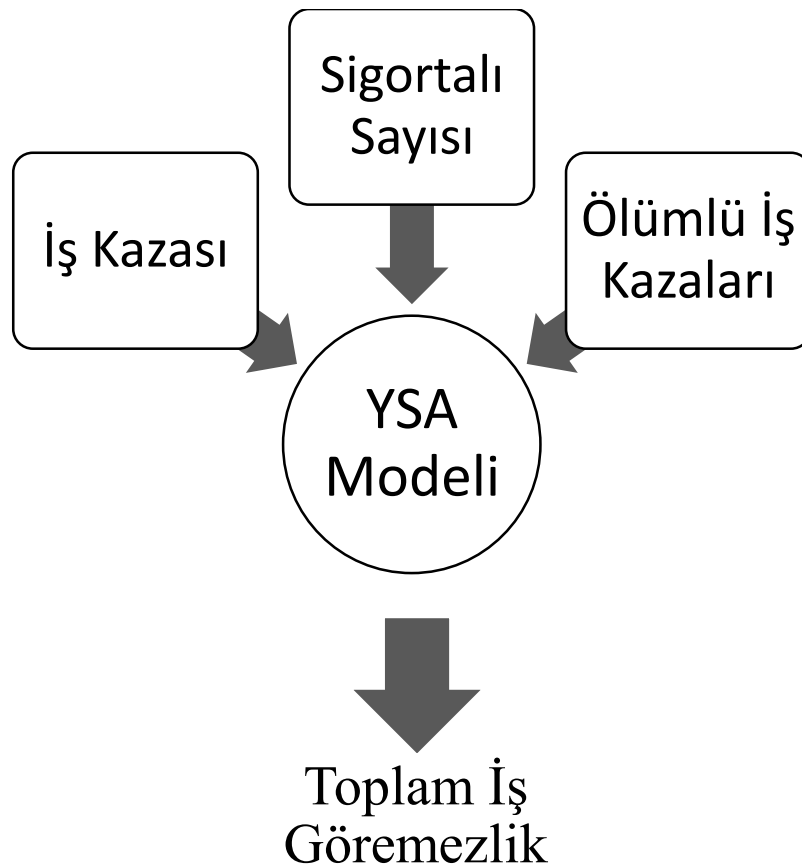
Yapılan bilimsel çalışmada doğrusal olmayan trend analiz yöntemlerinden hareketli ortalamalar analiz yöntemi kullanılarak yük tahmini yapılmıştır.

Geliştirilen YSA modelinde, iş kazası verisi, sigortalı ve iş göremezlik verilerinin ortalaması giriş parametreleri olarak seçilmiştir. Bu parametrelerin ortalama, standart sapma, azami ve asgari değerleri hesaplanarak tabloda sunulmuştur. Geliştirilen basitleştirilmiş YSA modeli Şekil 5.1'de gösterilmektedir.

YSA modellemenin çıkış değeri hesaplaması aşağıdaki denklemde yer aldığı gibidir.

$$y = f\left(\sum_i^n x_i \omega_i + b\right)$$

Yukarıda gösterilen denklemde, y ile gösterilen çıkış değerini, n kullanılan örnek sayısını, f aktivasyon sayısını, xi giriş değerlerini, ω_i nöronların ağırlık değerlerini ve b ise bias değerini ifade etmektedir. Ağırlık ve bias değerlerinin çıkıştaki hata değerine göre güncellenmesiyle, hata oranının azaltılması ve değerin sıfıra yaklaştırılması amaçlanmaktadır.



Şekil 5.1: Tasarımı Yapılan YSA Modeli

5.2.4 Zaman Serileri

Zaman serileri, geleceğe dair SGK iş kazaları, iş göremezlik tahmininde sigortalı sayısı eğilimine göre sonuçlar sağlayan en basit modelleme yöntemidir. Bu alanda yapılan çalışmalarda, birçok farklı tipte zaman serileri analiz yaklaşımları mevcuttur. Bu araştırmada, iş kazaları, iş göremezlik ve farklı değişkenlerin gelecek yıllardaki gerçekleşecek tahmin değerlerinin modellemesinde doğrusal olmayan (nonlinear) otoregresif sinir ağları (NOR-SA) tercih edilmiştir. Modelin eğitim süreci zaman gecikmesi olarak adlandırılan geçmiş verilerle gerçekleştirilmiştir. Doğrusal olmayan otoregresif modellemenin matematiksel formülü aşağıda verilmiştir.

$$y_t = \Psi(y_{t-1}, \dots, y_{t-n})$$

Burada y_t tahmin edilen veriyi, Ψ YSA yapısındaki ağ yapısını, y_{t-n} n kadar gün öncesine ait değeri göstermektedir.

Çalışmada kullanılan tahmin modellemesinde kullanılan parametrelere ait değerler aşağıdaki Tablo 5.1’de verilmiştir. Katman sayısı olarak öncelikle tek takmanlı çalışma denenmiş ancak veri setinin uygun olmaması ve verilerin normal değerler almaması nedeniyle çok katmanlı (2-3-4) yapay sinir ağı modeli denenmiş, 3 katmanda model parametreleri uygulamasına karar verilmiştir.

Tablo 5.1: Model Parametreleri

Özellikler	Değerler
Katman Sayısı	3
Zaman Gecikme Sayısı (d)	1-10
Gizli Katman Nöron Sayısı(N)	4-8
Ağırlık ve Biaslar	Rastgele
Aktivasyon Fonksiyonları	Sigmoid, Doğrusal Olmayan
Eğitim Algoritması	Levenberg-Marquart
Epoch	1000

5.2.5 YSA Tahmin Modelinin Performansı

Oluşturulan bu bilimsel modelde bir çıkış ve üç giriş bulunmaktadır. Bilimsel modelin test ve tahmin modelleri test aşamasında yapay sinir ağları katman testleri denenmiş, diğer yandan farklı gizli katman sayıları hatayı küçültmek için test edilmiştir. Doğrulama, test ve eğitim için sonuçlar sunulmuştur. Ana değerlendirme ölçütü kullanılmasının temel sebebi test verileri içindir, doğrulama ve eğitim, modelin eğitimi için kullanılmıştır.

Tasarlan modellerde ölçüt olarak iki farklı değer kullanılmıştır. Birincisi tahmin edilen ile gerçek değer arasındaki yakınlığı ortaya koyan Ortalama Karesel Hata (OKH) ölçütüdür. Elde edilen bu değer mümkün olduğunca küçük olması istenir. İkinci değerlendirme ölçütü ise bağlantı katsayısı (R) değeridir. Bu değer tahmin edilen değerlerin, gerçek değerlerin oluşturduğu doğrusal çizgiye olan yakınlığını ifade eder. Tahmin edilen değer ile gerçek değer arasındaki fark küçükse, tasarlanan model iyi bir sonuç vermiş sayılır.

Hem R hem de OKH için en uygun değer 3-10-10-1 ağ yapısı ile sağlandığı saptanmıştır. Uygulamadaki tahmin yöntemleri bu model ile yapılmıştır.

Tablo 5.2: YSA Tahmin Performans Sonuçları

Katman Yapısı	Veri Tipi	R	OKH
3-6-6-1	Eğitim	0.9738	0.0019
	Doğrulama	0.9917	0.0005
	Test	0.9516	0.0007
3-8-8-1	Eğitim	0.9750	0.0018
	Doğrulama	0.9816	0.0006
	Test	0.9543	0.0007
3-10-10-1	Eğitim	0.9894	0.0017
	Doğrulama	0.9620	0.0009
	Test	0.9301	0.0007
3-12-12-1	Eğitim	0.9734	0.0009
	Doğrulama	0.9846	0.0011
	Test	0.9345	0.0008
3-6-1	Eğitim	0.9774	0.0012
	Doğrulama	0.9958	0.0025
	Test	0.9435	0.0012
3-10-1	Eğitim	0.9791	0.0018
	Doğrulama	0.9846	0.0005
	Test	0.9390	0.0008
3-12-1	Eğitim	0.9805	0.0018
	Doğrulama	0.9327	0.0006
	Test	0.9477	0.0008

5.3 BULGULAR

Yapılan bilimsel araştırmada kullanılan veriler Sosyal Güvenlik Kurumu resmi istatistiklerinden elde edilmiştir. Elde edilen verilerde 2001-2020 yılları arasında Toplam iş kazası, Sigortalı sayısı, Toplam iş göremezlik sayısı, Cinsiyete göre iş kazası sayısı, Cinsiyete göre geçici iş göremezlik süresi değişken verileri çalışmada YSA modelinin girdisi olarak kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler Tablo 5.3 ve Tablo 5.6’da gösterilmektedir.

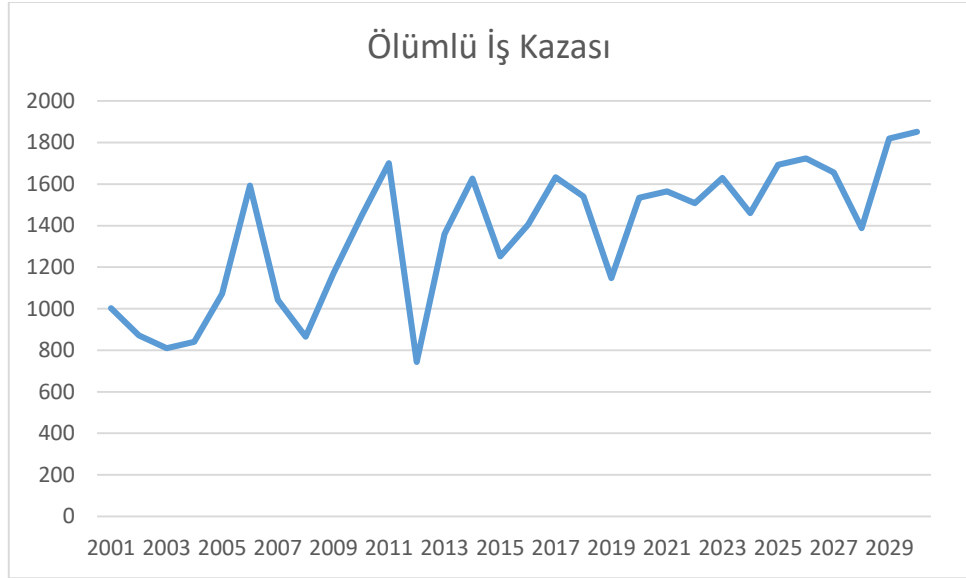
Tablo 5.3: Çalışmada Kullanılan Türkiye Geneli Veriler (2001-2020 Yılı Verileri)

Yıl	İş Kazası	Zorunlu Sigortalı	Ölümlü İş Kazası	Sürekli İş Göremezlik Sayısı
2001	72367	4886881	1002	1866
2002	72344	5223283	872	1820
2003	76668	5615238	810	1451
2004	83830	6181251	841	1421
2005	73923	6918605	1072	1374
2006	79027	7818642	1592	1953
2007	80602	8505390	1043	1550
2008	72963	8802989	865	1452
2009	64316	9030202	1171	1668
2010	62903	10030810	1444	1976
2011	69227	11030939	1700	2093
2012	74871	11939620	744	2036
2013	191389	12484113	1360	1660
2014	221336	13240122	1626	1421
2015	241547	13999398	1252	3433
2016	286068	13775188	1405	4447
2017	359653	14477817	1633	3987
2018	430985	14229170	1541	3773
2019	422463	14314313	1147	4318
2020	384262	15203423	1231	3183

Tablo 5.4: SGK Verilerine Göre Tahmini Ölümlü İş Kazası İstatistikleri

Yıl	Ölümlü İş Kazası	Yıl	Ölümlü İş Kazası
2001	1002	2021	1565,677193
2002	872	2022	1507,389474
2003	810	2023	1629,101754
2004	841	2024	1460,814035
2005	1072	2025	1692,526316
2006	1592	2026	1724,238596

2007	1043	2027	1655,950877
2008	865	2028	1387,663158
2009	1171	2029	1819,375439
2010	1444	2030	1851,087719
2011	1700		
2012	744		
2013	1360		
2014	1626		
2015	1252		
2016	1405		
2017	1633		
2018	1541		
2019	1147		
2020	1533,964912		



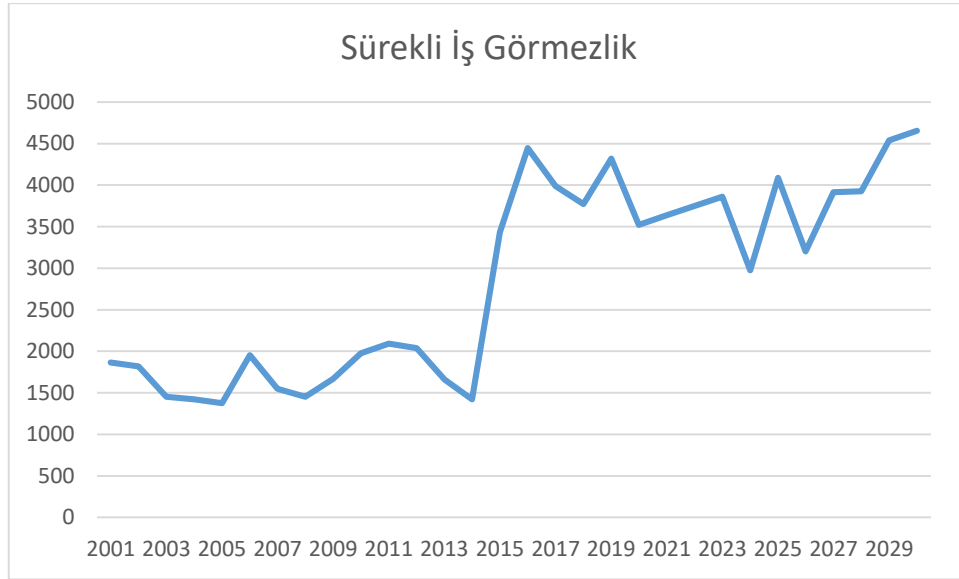
Grafik 5.1: Ölümlü İş Kazası Tahmini

Tablo 5.4 incelendiğinde SGK verilerinden elde edilen istatistiklere göre 2021-2030 yılları arasında ölümlü iş kazası değerlerinde dengesiz artış ve azalış görülmüş ve değişkenlere göre de 2029-2030 yılında artış gözlenmektedir.

Tablo 5.5: SGK Verilerine Göre Sürekli İş Göremezlik İstatistikleri

		2021	3635,992208
2001	1866	2022	3748,955844
2002	1820	2023	3861,919481
2003	1451	2024	2974,883117

2004	1421	2025	4087,846753
2005	1374	2026	3200,81039
2006	1953	2027	3913,774026
2007	1550	2028	3926,737662
2008	1452	2029	4539,701299
2009	1668	2030	4652,664935
2010	1976		
2011	2093		
2012	2036		
2013	1660		
2014	1421		
2015	3433		
2016	4447		
2017	3987		
2018	3773		
2019	4318		
2020	3523,028571		



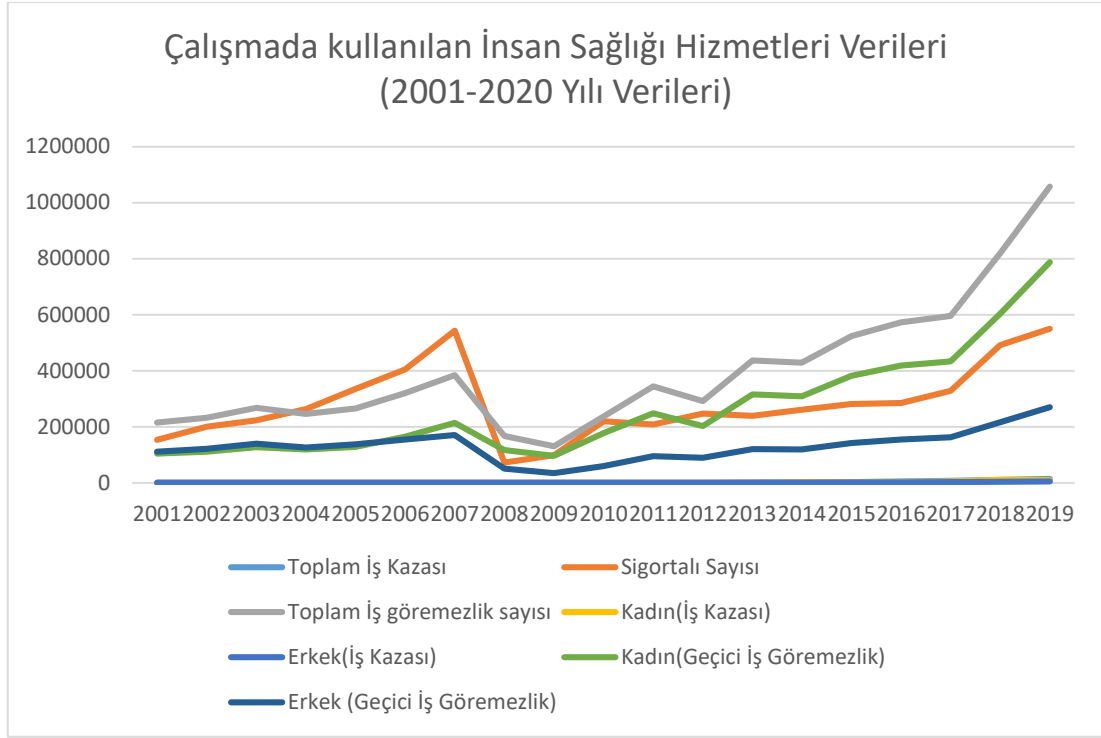
Grafik 5.2: Sürekli İş Göremezlik Tahmini

Tablo 5.5 incelendiğinde ise sürekli iş görmezlik tahmin parametrelerinin istatistiksel analizi yapılmış ve ölümlü iş kazasında da görüldüğü gibi yine azalış ve artış yıllara göre değişmiştir. Ancak 2026 yılından itibaren istikrarlı bir şekilde sürekli iş görmezlik artış göstermiştir.

Tablo 5.6: Çalışmada kullanılan İnsan Sağlığı Hizmetleri Verileri (2001-2020 Yılı Verileri)

Yıl	Cinsiyete Göre İş Kazası Sayısı				Geçici İş göremezlik Süresi	
	Toplam İş Kazası	Sigortalı Sayısı	Toplam İş göremezlik sayısı	İş Kadın	Erkek	Kadın Erkek
2001	307	153496	215519	36	271	104146 111315
2002	300	199696	231670	30	270	110748 120918
2003	345	222973	267103	45	300	127395 139703
2004	323	262921	245382	36	287	119602 125773
2005	261	335567	265121	35	226	127800 137313
2006	275	404300	320009	56	219	165213 154785
2007	284	542746	383951	57	227	213850 170098
2008	72	72602	167358	25	47	116719 50636
2009	83	98601	130650	41	42	96392 34254
2010	100	219306	237267	55	45	177226 60039
2011	123	207985	344025	63	60	248587 95436
2012	131	246520	291923	71	60	202490 89432
2013	1130	238597	436212	687	443	316032 120180
2014	2006	260498	428370	1282	724	309087 119283
2015	2939	281643	523714	1993	946	381858 141856
2016	4460	284363	573238	2958	1502	418780 154458
2017	7020	327963	595860	4680	2340	432915 162944
2018	10407	491631	819292	10407	3394	602991 216301
2019	13773	549861	1057438	9302	4471	787513 269925
2020	18840	812270	2572125	6643	12197	1846081 726044

Tablo 5.6’da gösterilen frekans tablosu betimsel istatistikler olarak bilimsel çalışmada yerini almıştır. Çalışmalarda 2001-2020 yılları verileri elde edilmiş ve bu verilerden 2021-2030 yılları arasında tablolar bulgular kısmında yer almıştır.

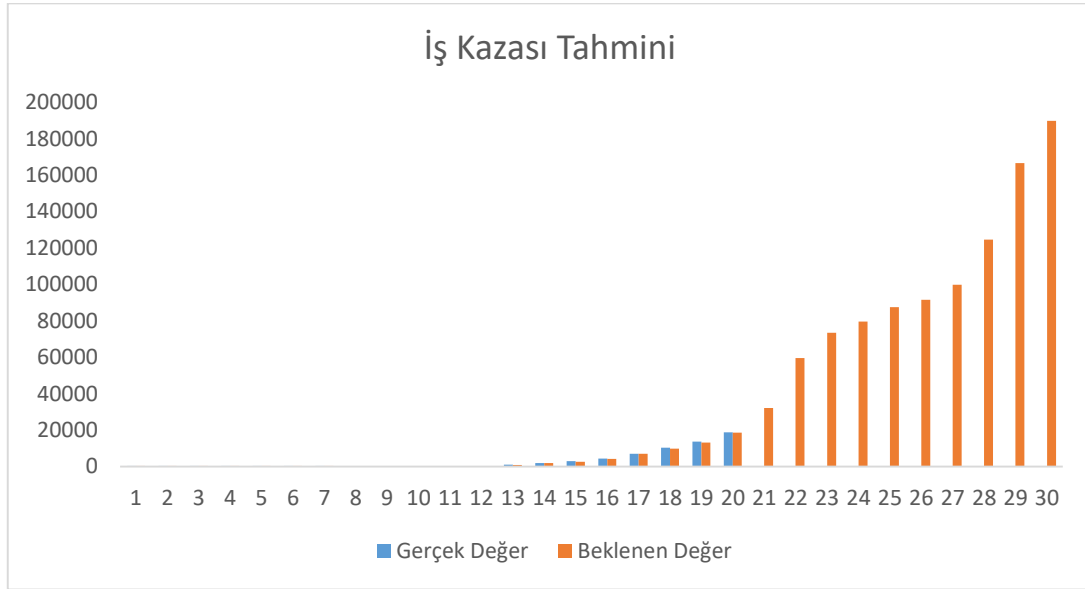


Grafik 5.3: Çalışmada kullanılan İnsan Sağlığı Hizmetleri Verileri Grafiği

Tablo 5.7: Hareketli Ortalamalarla elde edilen 2021-2030 yılları arası Toplam İş Kazası Tahmini

Yıl	İş Kazası	Tahmini İş Kazası	Yıl	Tahmini İş Kazası
2001	307	324,5	2021	32145,6
2002	300	313,8	2022	59542,8
2003	345	335,9	2023	73451,6
2004	323	346,4	2024	79521,6
2005	261	299,0	2025	87541,6
2006	275	285,5	2026	91454,4
2007	284	291,4	2027	99874,7
2008	72	133,4	2028	124541,9
2009	83	143,5	2029	166547,8
2010	100	156,6	2030	189745,6
2011	123	159,0		
2012	131	131,4		

2013	1130	911,8
2014	2006	1984,4
2015	2939	2654,1
2016	4460	4125,1
2017	7020	6985,4
2018	10407	9845,6
2019	13773	13254,4
2020	18840	18541,6



Grafik 5.4: Toplam İş Kazası Tahmini Değerleri

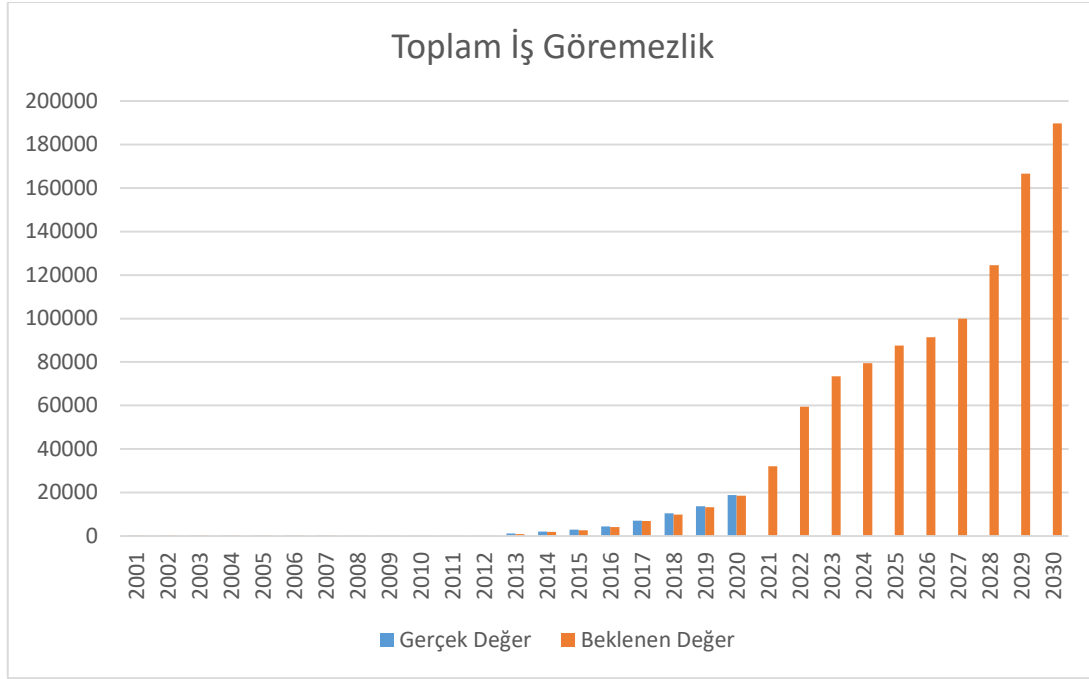
YSA ile tasarlanan modelde, tahmini iş kazası değerlerinin 2001-2020 yılları arasında gerçek verileri Tablo 5.7’de yer almış, 2021-2030 yılları arasında da beklenen tahmini değerlerine yer verilmiştir. YSA ile eğitilen modelde, modelin eğitim süreci zaman gecikmesi olarak adlandırılan geçmiş verilerle gerçekleştirilmiştir. Eğitim süreci tamamlanan model ile öncelikle modelin doğruluğu adına 2021-2030 yılları tahmininden önce gerçek veriler elimizde olmasına rağmen geçmiş verilerden de (2001-2021 yılları) tahmin değerleri yapılmış ve verilerin doğruluğu açısından tablo ve grafiklerde yer verilmiştir. Model aralıkları değerlendirildiğinde iş kazası tahminlerinin öncelikle geçmişteki tahminleri de yapılmış ve birbirlerine yakın değerler çıkmıştır. Modele göre

kullanılan değişkenler eşliğinde iş kazalarının yıllara göre arttığı gözlemlenmiş ve yakın değerler YSA ile hesaplanıp Tablo 5.5’te gösterilmiştir.

Tablo 5.8: *Hareketli Ortalamalarla elde edilen 2021-2030 yılları arası Toplam İş Göremezlik Tahmini*

Yıl	İş Göremezlik	Tahmini İş Göremezlik (Dönem İçi)	Yıl	Tahmini İş Göremezlik (Beklenen Dönem)
2001	215519	267541,4	2021	896521,4
2002	231670	244567,5	2022	1025354,9
2003	267103	270654,2	2023	1115468,9
2004	245382	255985,7	2024	1235464,8
2005	265121	277594,9	2025	1324655,4
2006	320009	317865,9	2026	1354687,3
2007	383951	399412,8	2027	1445679,6
2008	167358	211851,6	2028	1456657,5
2009	130650	142854,6	2029	1489542,8
2010	237267	244854,6	2030	1656872,6
2011	248587	369542,1		
2012	202490	299684,4		
2013	316032	465897,5		
2014	309087	437586,3		
2015	381858	541263,4		
2016	418780	589624,1		
2017	432915	602461,1		
2018	602991	832541,4		
2019	787513	111546,8		
2020	1846081	235469,6		

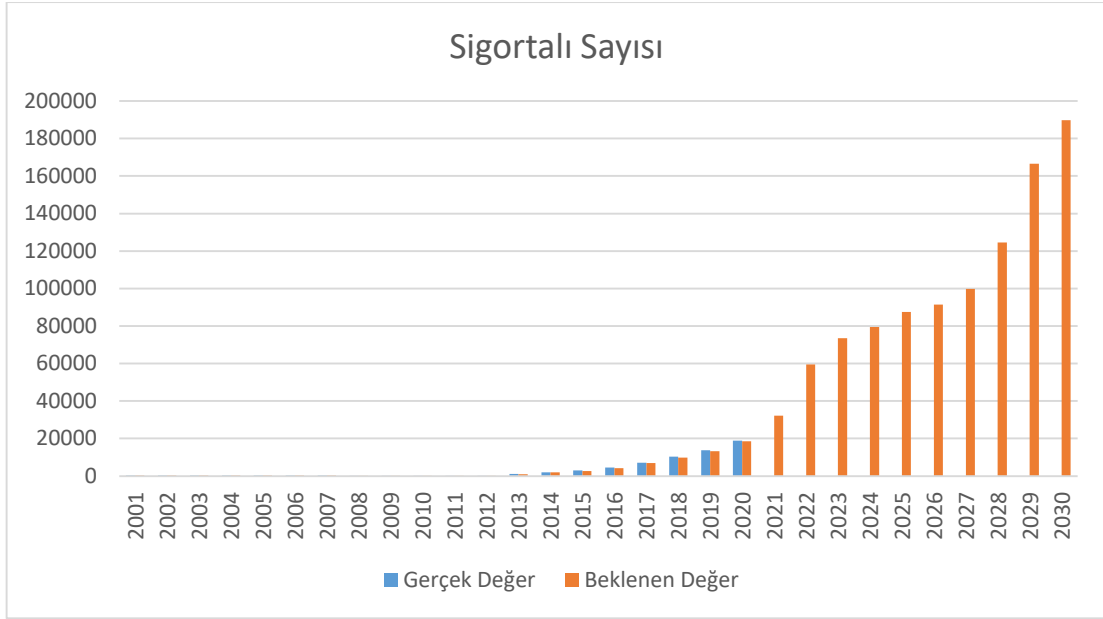
İş göremezlik tahmininin YSA ile tasarlanan modelde istatistiksel olarak verilerinin yer aldığı Tablo 5.8’de geğmiş yılların da verilerinin tahmini yapılarak geręeklik simülasyonundan yararlanmıştır. Bu doğrultuda 2021-2030 yıllar arasında iş göremezlik tahmininde kullanılan değişkenlere göre artış görölmüş ve tabloda yerini almıştır. Tabloda örneğ olarak bir tarihi incelediğimizde, 2003 yılında iş göremezlik raporu 267.103 iken YSA ile tasarlanan modelin tahmini 270.654 olarak hesaplanmıştır. Gelecek tarihlerden elde edilen verilere örneğ olarak ise 2023 yılında 1.115.468 tahmini yapılmış ve bir önceki yıla göre %10 artış gözlemlenmiştir.



Grafik 5.5: Toplam İş Göremezlik Sayısı

Tablo 5.9: Hareketli Ortalamalarla Elde Edilen 2022-2030 Yılları Arası Sigortalı Sayısı Tahmini

Yıl	Sigortalı Sayısı	Tahmini Sigortalı Sayısı (Dönem İçi)	Yıl	Tahmini Sigortalı Sayısı (Beklenen Dönem)
2001	153496	162547,8	2021	701456,8
2002	199696	204645,9	2022	707854,5
2003	222973	234564,8	2023	711459,6
2004	262921	295424,9	2024	724569,8
2005	335567	278594,3	2025	755698,4
2006	404300	317865,9	2026	789652,4
2007	542746	314521,4	2027	802542,4
2008	72602	211851,6	2028	811548,9
2009	98601	196548,3	2029	895654,9
2010	219306	204615,9	2030	909854,6
2011	207985	288654,1		
2012	246520	301456,2		
2013	238597	302548,8		
2014	260498	309854,7		
2015	281643	341589,6		
2016	284363	341562,5		
2017	327963	343521,4		
2018	491631	349586,1		
2019	549861	404521,9		
2020	812270	621548,4		



Grafik 5.6: Toplam Sigortalı Sayısı Tahmini

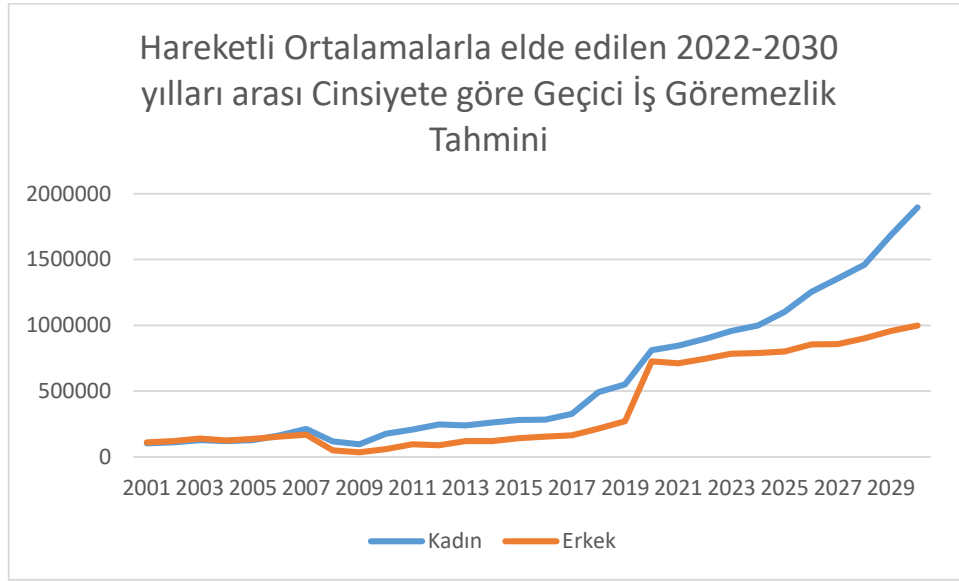
Tasarlanan YSA model ile ve hareketli ortalamalarla elde edilen toplam sigortalı sayısı Tablo 5.9’da gösterilmektedir. Bilimsel çalışmada kullanılan verilere göre, 2021-2030 yılları arasında sigortalı sayısının hızla artacağı, yıllara göre artış görüleceği gözlemlenmiştir. Hareketli ortalamaların geçmiş zamana göre yapılan oranlamasıyla özellikle 2028 yılında itibaren artış hızının artacağı tablo ve grafikte gösterilmiştir.

Tablo 5.10: Hareketli Ortalamalarla Elde Edilen 2022-2030 Yılları Arası Cinsiyete Göre Geçici İş Göremezlik Tahmini

Yıl	Kadın	Erkek	Tahmini Cinsiyet	Yıl	Tahmini Kadın	Tahmini Erkek
2001	104146	111315	162547,8	2021	845123	711456
2002	110748	120918	204645,9	2022	895123	744515
2003	127395	139703	234564,8	2023	956241	785452
2004	119602	125773	295424,9	2024	998745	788654
2005	127800	137313	278594,3	2025	1102354	801545
2006	165213	154785	317865,9	2026	1254922	854721
2007	213850	170098	314521,4	2027	1354989	856412
2008	116719	50636	211851,6	2028	1459684	901545
2009	96392	34254	196548,3	2029	1687598	956412
2010	177226	60039	204615,9	2030	1895426	998451
2011	207985	95436	288654,1			
2012	246520	89432	301456,2			
2013	238597	120180	302548,8			
2014	260498	119283	309854,7			
2015	281643	141856	341589,6			
2016	284363	154458	341562,5			
2017	327963	162944	343521,4			

2018	491631	216301	349586,1
2019	549861	269925	404521,9
2020	812270	726044	621548,4

Tablo 5.10’da gösterilen ve hareketli ortalamalarla istatistiksel hesaplaması yapılan cinsiyete göre iş göremezlik sayılarında erkek ve kadın cinsiyete yönelik artışlar gözlenmiş özellikle de kadın cinsiyet oranında bu yükselişin daha hızlı olduğu hesaplanmıştır. Erkek cinsiyet oranı da incelendiğinde artış gözlemlendiği hesaplanmıştır.



Grafik 5.7: Hareketli Ortalamalarla Elde Edilen 2022-2030 Yılları Arası Cinsiyete Göre Geçici İş Göremezlik Tahmini

Grafik 5.7 incelendiğinde yapay sinir ağı hareketli ortalamalarla elde edilen veriler ile 2022-2030 yılları arası tahmin sonuçlarına yer verilmiştir. Bu sonuçlarda verilen geçmiş döneme paralel biz doğrudan hareket ettiği, erkek geçici iş göremezliğinin yatay bir düzlemde artış gösterdiği ancak kadın iş göremezliğinin özellikle 2025 yılında sonra arttığı saptanmıştır.

BÖLÜM 6: TARTIŞMA

Son yıllarda, artan teknolojiler ve dijital kayıtlar, bilgi elde etme ihtiyacını artırmıştır. Bu ihtiyaç üzerine verilerden bilgi elde etmeyi sağlayacak yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bir tanesi de zaman serisi analizidir. Zaman serisi analizi, zamana bağlı verileri analiz ederek gelecek veriler hakkında tahmin yapmayı sağlamaktadır. Zaman serisi analizinde birçok tahmin yöntemi bulunmaktadır. Bu tahmin yöntemleri, doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler olarak ayrılmaktadır. Doğrusal yöntemlerde, OR, HO, Box-jenkins ve Üstel düzeltirme zaman serisi yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Doğrusal yöntemlerin çözemediği, doğrusal olmayan verileri modellemek ve analiz etmek için doğrusal olmayan yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de zaman serilerinde yapay sinir ağlarıdır. YSA'ların doğrusal olmayan verilerin eğitiminde kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında, doğrusal olmayan SGK verileri YSA ile eğitilerek tahmin performansı test edilmiştir. Yapılan uygulamalara bakıldığında yapay sinir ağı modelleri gerçek değerlere yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Hemen hemen her adımda (eşitliklerin sırayla işlenmesi) üretilen çıktılar bir sonraki adıma girdi olarak kullanılmıştır. Her aşamada yapay sinir ağının bulduğu değerler düzeltme yapılmadan bir sonraki eşitliğin girişinde test verisi olarak kullanılır. Sonuç olarak tüm YSA modellerinin ürettiği sonuçlar sürekli olarak işlenir ve bir sonraki aşamaya geçilir. Bu şekilde, ağın kendi içindeki değerler arasındaki sapma oranı ve etkileşim kontrol edilmiştir. Her adımdaki sapma oranı aynı şekilde bir sonraki adıma aktarılır. YSA'nın ilk adımından son adımına kadar her adımdaki sapma oranları da gözlemlenmiş, son adımdaki standart sapma hesaplanmış ve algoritmasındaki toplam sapma ve adımlar arasındaki sapmalar hesaplanmıştır.

Yapay sinir ağı ile yapılan çalışmalar incelediğinde (Önder, Kuvat, 2019,) Yabancı ziyaretçi sayısının tahmininde Box Jenkins Modeli, Winters Yöntemi Ve Yapay Sinir Ağlarıyla Zaman Serisi Analizi çalışmasında, ülkemize 1986-2007 yılları arasında ziyaret eden yabancı turist sayılarını kullanılarak 2008-2010 yıllarına ait tahminleme çalışması yapmayı amaçlanmıştır. Çalışmada yabancı turist sayısının tahmininde yapay sinir ağlarının kullanılabilirliği ve geleneksel zaman serisi analizi yöntemleri ve Box-Jenkins yönteminin kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bir diğerk çalışmada ÷lkemizde yaşanan iş kazaları ile Avrupa ÷lkelerinde yaşanan iş kazalarının bir karşılaştırılması yapılarak Türkiye’deki iş kazaları değerdendirilmiştir. Çalışmada veriler tez çalışmamıza benzer olarak SGK verilerin ile AB İstatistik Ofisinden alınan veriler derlenmiştir. Yapılan çalışmadan çıkan sonuçlara göre 2014 yılı verilerine göre ÷lkemizde ölümlü iş kazası oranı (100 bin işçi başına) AB ÷lkelerinde meydana gelen ölümlü kazalara oranla 6.7 kat fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır(Mustafa, Ş.E.N., Dursun, S., & Murat, G., 2018). Buradan da anlaşılacağı üzere iş kazalarına ait verilerin önceden tahmin edilerek önleyici tedbirler alınmasının öneminin çok önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Bir diğerk çalışmada, (Özhan, 2020) Yapay Sinir Ağları ve üstel düzleştirme yöntemi ile Türkiye’deki CO₂ emisyonunun zaman serisi ile tahmini incelenmiş, bu çalışmada YSA’nın daha doğru tahminlerde bulunacağı tespit edildikten sonra bu yöntemle önerilen model kullanılarak 2021 yılına kadar olan sürenin tahminleri yapılmıştır.

YSA’nın daha doğru tahminler yapacağı bulgusu elde edildikten sonra bu yöntemin önerdiği model kullanılarak 2021 yılına kadar tahminler gerçekleştirilmiştir. Model Türkiye için 2021 yılı sera gazı eşdeğeri CO₂ emisyonunu 366,3972 milyon ton olarak tahmin etmiştir Araştırmada elde edilen bir diğerk sonuç ise CO₂ emisyonuna ait değerklerin dalgalı bir seyir izlediği ancak genel olarak bakıldığında artış eğiliminde olduğudur.

Bilimsel çalışmamızın konusuna benzer olarak da incelenen bir diğerk çalışmada, (Ergöl, 2018) Türkiye’deki iş kazalarının zaman serisi analiz teknikleri ve yapay sinir ağları Tekniğı ile incelendiğı Türkiye’deki iş kazalarına bağılı ölüm ve kalıcı iş göremezlik sayıları, Box-Jenkins (ARIMA) Tekniğı ile modellenmiştir. Ayrıca aynı veriler Yapay Sinir Ağları ile de modellenerek, her iki yöntem sonucunda elde edilen modeller, iki modelinde yaptığı tahminler açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler incelendiğinde, 2016-2020 yılları için yapılan tahminlere nazaran Yapay Sinir Ağları ile kurulan model daha doğru tahmin değerkleri verdiği gör÷lm÷ştür. ARIMA Tekniğı ile yapılan tahminlere göre, Türkiye’de ölüm sayıları ve iş göremezlik sayılarının 2016-2020 dönemi için azalacağı tahmin edilmiştir. Ancak yapay sinir ağları ile yapılan tahminlerde, ÷lkemizde ölümlü iş kazası sayıları ve iş göremezlik sayılarının 2016-2020 dönemi için artış olacağı ön gör÷lm÷ştür.

Yapılan bir diğerk çalışmada, araştırmada hem zaman serisi analizi kullanılmış hem de regresyon analizi kullanılarak karşılaştırma yapılmış ve sonuçların güvenilirliğı test

edilmiştir. Çalışma, (Nebati, 2021) Türkiye’deki Elektrik Tüketiminde Talep Tahmininde, Türkiye’deki elektrik tüketim verileri doğrultusunda, regresyon analizi ve zaman serisi tekniklerinden faydalanılarak talep tahmini analizi yapılmıştır. Elde edilen verilerden çıkan sonuçlar incelendiğinde, TÜİK’in elde ettiği mevcut değerler ile regresyon ve zaman serisi kullanılarak ulaşılan talep tahmin sonuçlarının birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

YSA ve zaman serisi analizlerinin kullanıldığı ve incelenen bu çalışmalarda, çalışmalarda kullanılacak verilere göre doğrusal ya da doğrusal olmayan yöntemler seçilmiş ve verilerin dağılımına göre modelleme yapılmıştır. Bu modellemelerde beklenen değerlerle, gerçek değerler karşılaştırıldığında değerler arasındaki uzaklık birbirine yakın çıkmış ve analizlerin sağlıklı işlediği görülmüştür.

6.1 SONUÇ

Ülkemizde iş kazaları alınan tüm tedbirlere rağmen hala istenilen seviyelere getirilememiştir. Devletin ilgili kurumları iş kazalarının önlenmesine yönelik çalışmalarını sürekli geliştirmektedir. Sivil toplum örgütleriyle koordineli olarak yapılan çalışmalar işverenlere iş kazalarının önlenmesine yönelik yapacakları çalışmalara ışık tutmaktadır. Çalışanların iş güvenliği alanındaki eğitim ve iş sağlığı ve güvenliği algısı arttıkça yaşanan kazalarda azalmalar yaşanacağı yadsınamaz bir gerçektir. İş kazalarının önlenmesi öncelikli olarak insan hayatına verilen bir değerın göstergesi olduğu kadar maddi ve manevi yönü açısından da kaybettirdiği zarar açısından önemli bir yere sahiptir. Devlet açısından iş kazasına bağlı ödenen paraların ne kadar yüksek olduğu yapılan istatistiksel verilerde karşımıza çıkmaktadır. Aynı sonuç işverenler açısından da geçerlidir. İşverenler iş kazası sonucunda yüksek tazminatlar ödemek durumunda kalmaktadırlar. İşverenler ve devlet açısından bir diğer kayıp ise yetişmiş kalifiye elemanların iş kazası sonucunda yaşadığı iş gücü kaybına bağlı olarak kaybedilmesidir. Çalışan açısından bakıldığında en çok zarar görenin iş kazası geçiren kişi olduğudur. Çünkü iş kazası neticesinde çalışan meslekte kazanma gücünü tamamen ya da kısmen kaybedebilmekte, hayatını kaybetmekte ve kendisi ile birlikte bakmakla yükümlü olduğu ailesi de zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Dolayısıyla iş kazalarının önlenmesi en başta çalışan sağlığı ve güvenliği açısından çok büyük bir öneme sahiptir.

İş kazalarının önlenmesinde en büyük pay alınacak tedbir ve önlemlerdir. Ülkemizde alınacak önlemlerin sorumluluk ve yükümlülükleri kısmında işveren ve çalışanlara görevler düşmektedir. İşverenler iş sağlığı ve güvenliği açısından alınacak önlemleri teknolojinin

getirdiği en son yenilikler ışığında almakla, çalışanlarda alınan tüm tedbirlere riayet etmekle yükümlüdürler. Buradan hareketle işverenleri açısından bakıldığında faaliyet gösterdikleri sektörlerde yaşanabilecek iş kazalarının önceden öngörülmesi ve bunlara dair önlemlerin alınması maddi kayıpların önlenmesi açısından önem arz etmektedir. Ülkemizde SGK tarafından yayınlanan istatistik yıllıklarında ülkemizde faaliyet gösteren meslek gruplarına ve iş kazası sayılarına kadar birçok alanda çok önemli veriler paylaşılmaktadır. Özellikle 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunun kamu ve özel sektör ayrımı gözetmeksizin bütün alanlarda uygulanmasıyla birlikte kayıt altına alınan iş kazası sayılarında da artış olmuştur. Her yıl artan nüfusa oranla ve ekonomik faaliyetlerdeki artışlarla doğru orantılı olarak artan sigortalı çalışan sayılarında da sürekli artış olduğu yayınlanan istatistiklerden görülmektedir. Ayrıca aynı yıllıklarda iş kazalarına bağlı olarak ödenen sürekli ve geçici iş göremezlik sayıları da SGK yıllıklarından görülebilmektedir. Belirtilen konu başlarında geçtiğimiz yirmi yıllık verilere bakıldığında sürekli bir artışla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu artışa bağlı olarak da her yıl ödenen miktarlarda sürekli bir artış olacağı açıktır.

Bu çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak SGK istatistik yıllıklarından alınan veriler ışığında genelden özele bir tahmin modellemesi yapılmıştır. Yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilen değerlerin, gerçek değerlerle çok yakın olduğu birçok çalışmada karşımıza çıkmaktadır. Literatür incelemesi yapıldığında birçok sektörde özellikle otomotiv, meteoroloji, elektrik vb. alanlarda yapılan çalışmaların çok iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. İş sağlığı ve güvenliği alanında da yapılmış yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalar olmakla beraber gelecekte ortaya çıkabilecek maddi ve manevi kayıpların önlenmesi amacıyla yapılmış çalışmalara çok fazla rastlanmamıştır. Yakın gelecekte yapay sinir ağları tabanlı uygulamaların her alanda olduğu gibi iş güvenliği alanında da sıkça rastlanacağı öngörülmektedir. Yapay sinir ağları tabanlı uygulamaların gelecek öngörüsünün fazla olması, yapılan çalışmalarda tahmin değerlerinin gerçek değerlere oldukça yakın çıkması gelecekte olabilecek durumların tahmininin yapılması açısından çok önemlidir. İş sağlığı ve güvenliğinde de iş kazalarının önlenmesi amacıyla işletmelerde tutulacak kayıtların yapay sinir ağları ile eğitilerek gelecek öngörüsü yapılması, iş kazalarının sıfıra indirilmesi çalışmalarına katkı sunması açısından önemlidir.

Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında önemli bir yere sahip olan iş kazası nleme çalışmalarına yapay sinir ağları uygulamalarının yeni bir boyut kazandıracağı kanaatindeyim. Yaptığım bu çalışmada ve konuyla ilgili diğer çalışmalarda gelecek

tahminlemesi yapılarak alınacak tedbir ve önlemler sıralanmaya çalışılmıştır. Özellikle bu çalışmada cinsiyete bağlı bir tahmin yapılarak yaş gruplarına alınacak önlemler noktasında öneriler sunulmaya çalışılmıştır. Diğer bir tahmin yürütmede ise ülkemizde iş kazasına bağlı olarak yaşanan iş göremezlik sayılarının tahmin modellemesi yapılarak, çalışanlarımızın hem sağlıklarını tehdit edebilecek durumların ortadan kaldırılması hem de devletler tarafından ödenen miktarların azaltılması konusunda ilgili paydaşlara katkı sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca yapay sinir ağı tabanlı uygulamaların hayatımızın her noktasında artarak yer alması ve bu alanda yapılan çalışmaların teknolojik gelişmelerle birlikte sürekli artması karşısında iş sağlığı ve güvenliği alanında ilgili uygulamalardan faydalanarak yapacağı çalışmalar önem arz etmektedir. İş kazaları sonrası ortaya çıkan ödeneklerin işçi, işveren ve devlet açısından maliyetlerine bakıldığında tahmin modellemesiyle ortaya çıkan değerlerin gerçekte örtüşmesiyle birlikte, iş sağlığı ve güvenliğinde proaktif yaklaşıma yeni bir boyut kazandırılmış olunacaktır.

Bu çalışmada MATLAB yapay sinir ağı kullanılarak ilk önce genel bir tahmin modellemesi yapılmış daha sonra özel bir alan olarak insan sağlığı hizmetlerindeki belli parametreler kullanılarak bir öngörü yapılmaya çalışılmıştır. Çalışmada ilk önce sosyal güvenlik kurumu istatistik yıllıklarından 2001-2019 yılları arasındaki toplam iş kazası sayısı ve zorunlu sigortalı sayısı girdi (input) olarak kullanılmış ve ölümlü iş kazası, iş göremezlik sayısı parametreleri çıktı (output) olarak verilmiştir. Yapılan test sonuçlarına göre modellemenin yaptığı tahminlerin tutarlı ve gerçeğe yakın olduğu görülmüştür. Gerçek değerlerle yakın veriler ortaya çıktığının sağlaması olarak 2021-2030 yılları arasındaki tahminle 2001-2020 yılları arasındaki verilerinde tahmin testleri yapılmıştır. Devamında ise 2001-2020 yılları arasında SGK istatistik yıllıkları tarafından yayınlanan verilerden insan sağlığı hizmetleri alanındaki, toplam iş kazası ve sigortalı sayısı girdi (input) olarak kullanılmış, toplam iş göremezlik, cinsiyete göre geçici iş göremezlik, toplam sigortalı sayısı ve toplam iş kazası tahminleri yapılmıştır. Bu testlerden çıkan sonuçlardan da anlaşılabileceği üzere yaptığım tahmin modellemesinin gerçek verilere çok yakın olduğu görülmüştür. Yapay sinir ağının tahmin ettiği çıktı değerlerinin karşılaştırılmasına ait eğitim, doğrulama ve test verilerinin regresyon değerleri 0,98'e yapılan tüm çalışmalardaki tahmin değerlerinin regresyonuna ait değerlerde 0,98'e yakın çıktığı görülmüştür. Yapılan bu çalışma ile iş sağlığı ve güvenliği alanında uygulamacılar ve karar verme konumundaki yöneticilerin geleceğe yönelik planlama çalışmalarında bilindik yöntemlere bir alternatif olarak yapay sinir ağlarını kullanabilecekleri görülmüştür. Özellikle gelecek tahmininde yapay sinir ağı ile

zorunlu sigortalı sayısındaki artışa bağlı olarak sürekli ve geçici iş göremezlik sayıları önümüzdeki yıllarda artış gösterecektir. Bunun yanında insan sağlığı alanında çalışanların cinsiyet değerleri de artış gösterecektir. Burada en önemli konu sürekli ve geçici iş göremezlik sayılarında artışa bağlı olarak devlet tarafından ödenen maliyet oranları da artış gösterecektir. Dolayısıyla devlet giderlerinde bir artış ortaya çıkacaktır. Yapay sinir ağı yöntemiyle gerçeğe yakın tahminler yapılarak gelecekte ortaya çıkabilecek maddi ve manevi zararların önüne geçilebilecektir. Özellikle iş sağlığı ve güvenliği alanında yapılacak çalışmaların artmasıyla birlikte yaşanacak iş kazalarının azaltılması, buna bağlı her bir paydaşın yaşayabileceği zararın en aza indirilebileceğine inanılmaktadır.

Yapılan bu bilimsel çalışmada öncelikle geçmiş yıllardaki tahminlerinde geçmiş gerçeklik simülasyonu incelenmiş ve bu simülasyondan çıkan tahminler yer almıştır. Gerçeklik simülasyonu yapılmasının en büyük nedeni, geçmişteki verilerinde gerçekçilik payını hesaplamak ve gelecekte yapılan tahminlerin ön görüşünü tasarlanan modellerle desteklemektir. Çalışmada kullanılan değişkenler baz alındığında iş kazalarında, iş göremezliğinde gelecek yıllara göre ciddi artış gözlemlenmiş ve bu artışın önüne geçilmesi adına farklı değişkenlerin de kullanılması adına yeni yapılacak bilimsel çalışmalara öneri olarak literatürde yer almalıdır.

6.2 ÖNERİLER

Yapay sinir ağı ve modellerin kullanımı ile yapılan çalışmada ele alınan değişkenlere farklı değişkenler eklenmesi bu konuda yapılacak çalışmalara ön ayak olacaktır. Yapay sinir ağının yanı sıra tahmin modelleri konusunda panel veri analizi, regresyon analizi ve diskriminant analizi gibi tahmin sonuçları veren farklı istatistik uygulamaları ile ilgili de çalışmalar bu değişkenler ekseninde kullanılabilir. SGK verilerine dayanarak yapılan bu çalışmada mevcut değişkenlerinde incelenerek iş sağlığı ve güvenliği konusunda çalışmalar genişletilmelidir. İnsan sağlığının ve iş güvenliğinin en önde geldiği günümüzde bu alanda yapılan çalışmalar derinleştirilmelidir.

YSA ile kurulan modellere göre yeni model tasarımları yapılabilir ve doğrusal olmayan modeller üzerinde gerçeğe yakın değer alma adına yapay sinir ağına yeni çalışmalar yapılmalıdır. Bilgiye ve verilere kolay ulaşıldığı modern dijital çağda veriler üzerinden gerçekçi tahminler çıkarmak istatistiksel uygulamaların doğru kullanılması, güncel haliyle tasarım oluşturulmasına bağlıdır. Yapay sinir ağı çalışmalarında da tasarım ve modellemeler üzerinde çalışmalar genişletilmelidir.

İlerde yapılacak olan çalışmalarda gerçekleşmesi muhtemel olaylar ve SGK kapsamında ele alınan değişkenler kullanılmalı ve değişken sayısının etki analizine göre artırılması önerilmektedir.

Tez çalışmamda yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan durumlardan hareketle, yaşanacak iş kazalarının önüne geçilmesinin çok büyük bir öneme sahip olacağı ispatlanmıştır. Bugüne kadar yaşanan iş kazalarının doğurduğu sonuçlara bakıldığında bu durumun değiştirilmediği takdirde, devlet, işveren ve çalışanlara maliyetlerinde önemli ölçüde artışlar ortaya çıkacaktır. Bu gibi olumsuz durumların ortaya çıkmasının önüne geçilmesindeki en temel önlem ise iş kazalarının yaşanmasının önüne geçmektir. Çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak bir tahmin modellemesi yapıldı ve iş kazası sonrası ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesi yapıldı. Yaptığım tüm tahminlerde ilerleyen dönemlerde iş kazası, iş göremezlik ve cinsiyete bağlı iş göremezlik sayılarında artış olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmamdan yola çıkarak ilgili alanlarda alınacak önlemler sayesinde, iş kazalarının önlenmesi ve devamında ortaya çıkacak maliyetlerin en aza indirilmesi sağlanacaktır. Ayrıca yaptığım çalışmanın iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesi çalışmalarında proaktif (önleyici) yaklaşıma katkı sunacağı kanaatindeyim. Yaptığım çalışmada iş sağlığı ve güvenliği alanında kullanılacak yapay sinir ağı tabanlı uygulamalara ve bundan sonra yapılacak bilimsel çalışmalara katkı sunması açısından önemli veriler elde edilmiştir. Sonuç olarak ülkemizde ve dünyada artan nüfusla birlikte artış gösterecek sigortalı sayısına bağlı olarak yaşanabilecek iş kazalarının önüne geçilmesi, nitelikli işgücünün artırılması, çalışılan gün sayısının artırılması, üretimde kalitenin artmasının sağlanması, kalifiye eleman eksikliğinin giderilmesi gibi konularında önüne geçilmesine katkı sağlayacaktır. İnsana yapılacak yatırımın en büyük yatırım olduğu gerçeği unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

- AÇSHB. (2020). İstatistiklerle Türkiye'nin İSG Görünümü 2020. T.C. Aile Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- Akıllı, H. & Önder, A. (2013). *İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi*. MMTA Genel Müdürlüğü. Ankara: Enerji Hammadde Etüt ve Araştırma Dairesi Başkanlığı.
- Akın, B. (2017). *Yapay Sinir Ağlarıyla Konya Bölgesinde Kullanıcı Doğal Gaz Tüketim Öngörüsü* (Doctoral dissertation, Enerji Enstitüsü).
- Ardıç, S. (2015). Yapay sinir ağları kullanılarak santrifüj pompalarda performans tayini (Master's thesis, ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Aygün, N. İ. (1976). *Sağlık, Sosyal, Ekonomik ve Hukuki Yönleriyle İş Kazaları*. Ankara: Şark Matbaası.
- Barutçu, B. (2016). Signal Processing and Analysis in Renewable Energy Systems, Prediction Problem.
- Bilir, A., Bucak, A. & Gönül, Y. (2015). Yapay Sinir Ağları ve Klinik Araştırmalarda Kullanımı. *Genel Tıp Dergisi*, 104-111.
- Ceylan, H. (2011). Türkiye'deki iş kazalarının genel görünümü ve gelişmiş ülkelerle kıyaslanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2), 18-24.
- Çatlı, T. (2019). *İş kazalarından doğan cezai sorumluluk* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Dağ, M. A. (2011). Park Elektrik Siirt Madenköy Bakır İşletmesindeki İş Güvenliği Uygulamaları ve Risk Değerlendirmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Adana: Çukurova Üniversitesi.
- Dizdar, E. (2001). Kaza Sebeplendirme Yaklaşımları. *Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, 26-31.
- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks Architectures, Algorithms, and Applications*. Prentice-Hall, 1994.

- Fişek, G. & Piyal, B. (1989). İşçi Sağlığı Kılavuzu. *İşçi Sağlığı Kılavuzu* (s. 7). İstanbul: Türk Tabipler Birliği.
- Gençler, A. (2007). İş Sağlığı ve İş Güvenliği Alanında Mevzuatımızda Bulunan Düzenlemelerden Doğan Yükümlülükler. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 35: 16-29.
- Güngör, E. (2008). İş sağlığı ve güvenliği kavramının toplam kalite yönetimi açısından irdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul, Türkiye: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı.
- Gürbüz, Y. (2005). *İş Kazalarından Doğan Sorumluluklar*. Ankara: Makina Mühendisleri Odası Dergisi. https://mmo.org.tr/sites/default/files/85e19f20beded7d_ek.pdf [Erişim Tarihi 18.11.2022]
- Hamzaçebi, C. (2011). *Yapay Nöron Ağları, Tahmin amaçlı kullanımı MATLAB ve Neurosolutions uygulamalı*. Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları.
- Haykin, S. (1999). *Neural Networks a Comprehensive Foundation, Second Edition*, Prentice Hall. Kanada: Prentice Hall.
- Hebb, D. O. (1949). *The Organization of Behavior*. Wiley.
- Hopfield, J. J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. USA: National Academy of Sciences.
- İLO. (2022). www.ilo.org.tr, <https://www.ilo.org/ankara/conventions-ratified-by-turkey/lang--tr/index.htm> [Son Erişim 03.11.2022]
- Karahan, M. (2011). İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Nöron Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması. *Doktora Tezi*. Konya, Türkiye: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kartalopoulos, S. V. (1996). *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic. Basic Concepts and Applications*. NewYork: Wiley-IEEE Press.
- Kaysı Kınacıoğlu, İ. (2019). *İş kazası ve meslek hastalığında maddi manevi tazminat* (Master's thesis, Hasan Kalyoncu Üniversitesi).

- Kohonen, T. (1972). *Correlation Matrix Memories IEEE Transactions on Computers* (4 b., Cilt 21).
- Masters, T. (1993). *Practical Neural Network Recipes in C++*. USA: Academic Press.
- McCulloch, W. & Pitts, W. (1943). Sinirsel aktiviteye içkin fikirlerin mantıksal bir hesabı. *Matematiksel Biyofizik Bülteni* 5, 115–133 (1943).
- Menezes Jr, J. M. P., & Barreto, G. A. (2008). Long-term time series prediction with the NARX network: An empirical evaluation. *Neurocomputing*, 71(16-18), 3335-3343.
- MEVZUZAT. (2021). www.mevzuat.gov.tr, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf> [Son Erişim 03.11.2022]
- MMO. (2018). *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği*. Ankara: MMO/689.
- Özbek, Ö. H. (2009). İş sağlığı ve güvenliği yükümlülüklerine uymamanın sonuçları (Doctoral dissertation, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü).
- Özdemir, S. Y. (2021). Türkiye’de Gelişmişlik Seviyesi İş Kazası İlişkisinin Analizi ve Benzer Gelişmişlik Seviyesindeki Ülkelerle Karşılaştırılması. *OHS ACADEMY*, 44-45.
- Özhan, E. (2020). Yapay sinir ağları ve üstel düzleştirme yöntemi ile Türkiye’deki CO2 emisyonunun zaman serisi ile tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 282-289.
- Özkılıç, Ö. (2005). *İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme*. Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Yayını.
- Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- RESMİGAZETE. (2012). www.resmigazete.gov.tr, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120630-1.htm> [Son Erişim 04.11.2022]
- RESMİGAZETE. (2006). www.resmigazete.gov.tr, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/06/20060616-1.htm> [Son Erişim 04.04.2022]

- Rosenblatt, F. (1958). Algılayıcı: Beyinde bilgi depolama ve organizasyon için olasılıksal bir model. *Psikolojik İnceleme*, 65 (6), 386–408., 65 (6), 386–408.
- Savran, F. (2017). <http://iskanunu.com/haberler/1791-iskazasi-tanimi-kapsami-ve-bildirim-sureleri/> [Son Erişim 11.04.2022]
- Seratlı, G. B. (2003). *İş Kazasından Doğan Destekten Yoksun Kalma Tazminatı*. Ankara: Yetkin Yayınları.
- SGK. (2022). www.sgk.gov.tr, <http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik> [Son Erişim 28.11.2022]
- SGK. (2022). http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/emekli/is_kazasi_ve_meslek_hastaligi/is_kazasi [Son Erişim 04.11.2022]
- Simon, H. A. (1983). *Machine Learning An Artificial Intelligence Approach, Chapter 2*. Berlin, Heidelberg.
- Süzek, S. (1985). *İş Güvenliği Hukuku*. Ankara: Savaş Yayınları.
- Şahin, N. S. (2010). Yöneticilerin İşgören Sağlığı ve İş Güvenliği Uygulamalarına İlişkin Tutumları. *Yüksek Lisans Tezi*. Malatya, Malatya, Türkiye: T.C. İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yönetim Organizasyon Bilim Dalı.
- Şen, M. , Dursun, S. & Murat, G. (2018). Türkiye'de İş Kazaları: Avrupa Birliği Ülkeleri Bağlamında Bir Değerlendirme . *OPUS International Journal of Society Researches* , 9 (16) , 1167-1190 . DOI: 10.26466/opus.463211
- Temel, S. D. & Temel, T. (2016). Bedensel-Zihinsel Gelişim, Hareket Kabiliyeti ve Öğrenme Sürecine Dans Eğitiminin Katkıları. *Fine Arts*, 11(4), 171-180.
- TMMOB. (2010). *İş Sağlığı ve Güvenliği TMMOB Makina Mühendisleri Oda Raporu*. Ankara: Makine Mühendisleri Odası.
- Toktaş, İ., & Aktürk, N. (2004). Makina tasarım işleminde kullanılan yapay zeka teknikleri ve uygulama alanları. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2) 7-20.

- Tolon, M., & Tosunoğlu, N. G. (2008). Tüketici Tahmini Verilerinin Analizi: Yapay Nöron Ağları ve Regresyon Karşılaştırması. *Gazi üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 247-259.
- Topgül, S. (2012). Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'nda Kadının. *Yönetim ve Ekonomi*, 19(2), 302.
- Tozan, C. (2011). *İş Kazaları ve Meslek Hastalığı Uygulamaları*. Ankara: Türkiye İşçi Sendikaları Konfederasyonu.
- Utaş, N. Ş. (2006). OHSAS 18001 İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Elektronik Sektöründeki Uygulamaları. *Yüksek Lisans Tezi*. Edirne: Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Uyargil, C. (2010). *İnsan Kaynakları Yönetimi*. İstanbul, İstanbul, Türkiye: Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Ünal, İ. S. (2019). Türkiye'deki İş Kazalarının Analizi ve Avrupa'daki Durum İle Karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Mersin, Tarsus, Türkiye: T.C. Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı.
- Ünsar, A. S. (2004). İş Kazaları ve Örgütsel Verimlilik. *MPM Verimlilik Dergisi*(3), 89.
- Ünsar, S. A. (1997). İşletmelerde Verimliliği Etkileyen Faktörler ve İnsan kaynağı. *Yüksek Lisans Tezi*. Edirne, Türkiye: Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı,.
- Vural, B. B. (2007). Yapay Sinir Ağları İle Finansan Tahmin. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı.
- Yazıcı, M. (2019). *İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Yönetimi*, (2. b.). İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Yılmaz, A. İ. (2013). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Kaza Zinciri Teorisinin Önemi ile Açık İşletmelerdeki Tehlikeli Hareket ve Tehlikeli Durumlar. *MT Bilimsel*, (3), 27-39.
- Yılmaz, B. (2015). Akarçay Havzasında Çözünmüş Oksijen Değerlerinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi,

[https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/BekirYilmazTez%20\(2\).pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/BekirYilmazTez%20(2).pdf) [Son Erişim 03.11.2022]

Yılmaz, F. (2014). Soma ekseninde Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği üzerine bir değerlendirme. *Egiad Yarın*, 42, 40-48.

Yılmaz, H. (1999). İşyeri hekimliği (Master's thesis, Uludağ Üniversitesi).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Abdulkadir BİLGİN

Uyruğu: T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri: 12.06.1982/ Kangal

Elektronik Posta: a_bilgin_58@hotmail.com.tr

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Ön Lisans	Atatürk Üniversitesi	2020
Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2007
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi (Tezsiz/YL.)	2016

İŞ TECRÜBESİ

Tarih	Kurum	Görev
2012	Akdeniz Üniversitesi Hastanesi	İş Güvenliği Uzmanı

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

HOBİLER

Futbol, Doğa sporları