

İnşaat Sektöründe Meydana Gelen Kazalardaki Kazazedelerin Son Durumlarına Etki Eden Faktörlerin YSA ile İncelenmesi

Murat SAĞIR¹, Rabia SAĞIR², Olcay GENÇ^{3*}

¹İskenderun Teknik Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Ekonomi Bölümü, 32100, Hatay

²İskenderun Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekonomi ve Finans Anabilim Dalı, 32100, Hatay

³İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32100, Hatay

¹<http://orcid.org/0000-0001-7567-9327>

²<http://orcid.org/0000-0001-8042-8637>

³<http://orcid.org/0000-0002-5162-2665>

*Sorumlu yazar: olcay.genc@iste.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 06.06.2021

Kabul tarihi:11.09.2021

Online Yayınlanma:08.03.2022

Anahtar Kelimeler:

İş kazası

Bilirkişi raporu

İş sağlığı ve güvenliği

Yapay sinir ağları

ÖZ

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre Türkiye ölümle sonuçlanan iş kazalarında Avrupa birincisi ve dünya üçüncüsüdür. Özellikle inşaat iş kollarında meydana gelen kazalar, çoğunlukla ölümle sonuçlanmakta ya da kazazedenin ömür boyu katlanmak zorunda kalacağı sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye genelinde yaşanmış 134 kaza ve 185 kazazedenin olduğu bir veri seti kullanılarak kazazedelerin son durumunu bağımlı değişken kabul eden bir Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli oluşturuldu ve inşaat sektöründe meydana gelen kazalarda kazazedelerin son durumuna etki eden faktörler analiz edildi. Sonuç olarak, kazanın önlenmesi ya da kazazedenin kazayı daha az kayıpla atlattığı için ilgili şirketler ve/veya devlet tarafından alınması gereken önlemlerin neler olabileceğinin tespit edilmesine çalışıldı.

Investigation of the Factors Affecting the Last Conditions of Victims of Construction Sector Accidents with ANN

Research Article

Article History:

Received: 06.06.2021

Accepted: 11.09.2021

Published online:08.03.2022

Keywords:

Work accident

Expert report

Occupational health and safety

Artificial neural networks

ABSTRACT

According to World Labor Organization (ILO), Turkey comes first in Europe and the third in world in fatal accidents at work. Accidents, especially in the construction business, often result in death or cause health problems that the victim will have to endure for a lifetime. In this study, a data set of 134 accidents and 185 casualties occurred in Turkey was adopted, and then, an Artificial Neural Networks (ANN) model that accepts the survivor's final status as the dependent variable was intended to be constructed to identify the factors affecting the final status of the victims. As a result, it was tried to determine what measures could be taken by the relevant companies and/or the state in order to prevent the accident or to help the casualty survive the accident with less loss.

To Cite: Sağır M., Sağır R., Genç O. İnşaat Sektöründe Meydana Gelen Kazalardaki Kazazedelerin Son Durumlarına Etki Eden Faktörlerin YSA ile İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(1):154-175.

Giriş

Dünya genelinde yılda yaklaşık 180 milyon çalışan, büyük çoğunluğu endüstri kollarında meydana gelen iş kazaları veya meslek hastalıkları sebebiyle hayatını kaybetmektedir (Karadeniz, 2012). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre Türkiye ölümlü sonuçlanan iş kazalarında Avrupa'da birinci, dünyada üçüncü sırada olup (Ünal, 2017) Türkiye'de SGK istatistiklerine göre 2009 yılında yaklaşık 64 bin iş kazasından yaklaşık 1100'ü ölümlü, yaklaşık 1800'ü ise kazazedenin sürekli iş göremezlik durumuyla sonuçlanmıştır (Url-2, 2020). Kazalar ekonomik açıdan irdelendiğinde ise, ILO verilerine göre iş kazaları ve meslek hastalıklarının ekonomik maliyeti dünya milli gelirinin %5'ine ulaşmaktadır. ILO kriterlerine göre 2009 yılında iş kazası ve meslek hastalıklarının Türkiye'ye maliyeti yaklaşık 38 milyar TL olarak tahmin edilmiştir (Url-1, 2020).

Genel olarak her meslek grubu ve sektör için farklı sebepler dolayısı ile iş kazaları meydana gelmekte olup, ülkemizde inşaat sektörü gerek ölümlü gerek sürekli iş göremezlik kaza sıklığının en fazla olduğu sektördür (Ceylan, 2014). Türkiye'de meydana gelen tüm iş kazalarının yaklaşık %9'u, sürekli iş görmezlik kazalarının %20'si, ölümlü sonuçlanan iş kazalarının ise %27'si inşaat sektöründe meydana gelmekte olup (Aghazadeh, 2013) bu durum, çalışanları açısından sektörün ne kadar riskli olduğunun bir göstergesidir. Kişisel koruyucu donanım kullanmak gibi bazı basit önlemler olarak iş kazalarının %50'sinin ve sistematik çalışmalar yaparak %48'inin yani toplamda iş kazalarının %98'inin önlenbilir olduğu saptanmıştır (Demir ve Öz, 2018), bu durum son yıllarda ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği öneminin artmasıyla beraber yine de istenen seviyede olmadığına göstergesidir.

Bu çalışmada, Türkiye inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarında kazazedelerin son durumlarına etki eden faktörler tespit edilip, ilgili şirketler ve devlet tarafından alınması gereken önlemlerin neler olabileceği irdelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Türkiye'de 1994-2012 yılları arasında gerçekleşen ve yargıya taşınmış 185 adet inşaat sektörü iş kazasına ait bilgiler mahkeme bilirkişi raporlarından elde edilmiş ve kazazedenin son durumunu bağımlı değişken kabul eden bir yapay sinir ağı (YSA) modeli tasarlanmıştır. Böylece kazazedelerin son durumuna etki eden faktörler tespit edilmiştir ve kazaların önlenmesi veya kazazedenin kazayı daha az kayıpla atlattırması için alınması gereken önlemlerin neler olabileceği tartışılmıştır.

Çalışmanın geri kalan kısımları şu şekildedir. İkinci bölümde çalışma ile ilgili olduğu düşünülen literatüre yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde çalışmada kullanılan verinin ve uygulanan yöntemin anlatıldığı metodoloji bölümü yer almaktadır. Dördüncü bölümde analiz sonuçları ve aynı zamanda bulguların tartışılmasına yer verilmiş olup beşinci bölümde ise sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

Literatür Taraması

Literatürde iş kazaları ile alakalı gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışma mevcut olup çalışmanın bu bölümünde araştırma konusu ile ilgili olduğu düşünülen kısa literatür özetine yer verilmiştir.

İş sağlığı ve güvenliği denildiğinde ilk akla gelen iş kazalarıdır. İş kazaları birçok maddi ve manevi kayıplara neden olmakla birlikte kazaya karışan bireyi, ailesini ve toplumu doğrudan etkilemektedir. Onaran (2008), ölümlü iş kazaların çoğunun tarım, madencilik, imalat ve inşaat, sektörlerinde meydana geldiğini ifade etmiş ve gerekli tedbirlerin alınması yani İSG ile iş kazalarının yarı yarıya düşürülebileceğini ifade etmiştir. Güneş (2011) çalışmasında toplumda iş sağlığı ve güvenliği bilinci geliştirilmedikçe hukuki vasıtalarla yapılan müdahalelerin her zaman yetersiz kalacağı, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önüne geçmenin mümkün olmayacağını belirtmiştir. İş sağlığı ve güvenliği konusunda Türkiye’de diğer gelişmiş ülkelere kıyasla eksikler bulunmaktadır. Bu eksikler; iş güvenliği müfettişlerinin sayısının yetersizliği (Gaye, 2011), hukuk sisteminin yetersizlikleri ve cezaların caydırıcı olmaması (Baradan, 2006) mahkemelerin çok uzun sürmesi ve maluliyet oranlarının hesaplanmasında bir standardın olmaması (Sözen ve ark., 2009), iş kazası ve meslek hastalığı sonucu SGK tarafından sağlanan yardımların yeterli boyutlara ulaşmaması (Şamiloğlu, 2008), İSG Genel Müdürlüğü’nün mevcut şartlar itibariyle belirtilen İSG standartlarını oluşturma ve güncelleme işlevini yerine getiremeyeceği (Kabakçı, 2009) olarak sayılabilir. Baradan ve ark. (2011) Türkiye’de İSG konusunda yetişmiş teknik elemanın, özellikle de A ve B sınıfı iş güvenliği uzmanı sayısının yetersiz olduğunu belirtmiştir. Usmen ve Baradan (2011), Türkiye ile ABD’yi kıyaslamış ve İSG konusunda yapılacak iyileştirmeleri etkileyen faktörlerin; mevzuat, yaptırım ve cezalar hazırlamak, etkin ve yenilikçi İSG programları, akademik ve mesleki eğitim (genel ve özel), iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek için yöntemler, araç ve teknolojiler geliştirmek, iş sağlığı ve güvenliğini sürekli iyileştirmek için meslek odaları ve sendikaların katkılarıyla, endüstri, devlet ve akademisyenler arasında işbirliği sağlamak olduğunu ifade etmişlerdir. Baradan ve ark. (2013), 2009-2010 yılları arasında Ege bölgesinde yapı işleri sırasında meydana gelen yüksekte düşme kazalarını müfettiş raporlarından yararlanarak araştırmışlardır. Çalışma sonucunda iki meslek grubu, iş kazalarının sıklığında ön plana çıktığı gözlemlenmiştir. Bu iki meslek grubu %25 ile kalıp işçiliği ve %28 ile sıva/boya işçiliğidir. Diğer işçi gruplarının oranlarının ise %10’un altında kaldığı tespit edilmiştir. Erdiş ve ark. (2013) İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya, Gaziantep, Kayseri, Mersin ve Hatay illerinde yüksekte düşme sonucu gerçekleşmiş kazalara ait 51 adet dava tutanağını incelemiş ve bu kazaların nedenleri ile ortaya çıkan kişisel sonuçları karşılaştırmışlardır. Elde edilen bulgular sonucunda, ölüm ve yaralanma ile sonuçlanan olaylarda, yüksekte düşmelerin genellikle dikkatsizlik ve denge kaybı nedeniyle meydana geldiği belirtilmiştir. Tanır (2014), eğitim rehberi çalışmasında İSG uygulama ilkelerinden yasal mevzuatlara, kurul organizasyonunda görev alan kişilerin görev tanımlarından İş Sağlığı ve Güvenliğinin amaçlarına detaylı olarak değinmiş ve ILO verilerini kullanarak ciddi iş kazası ve ölüm risklerine göre yıllar ve ülkeler bazında bir istatistik çalışması yapmıştır.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu kapsamında işverenin en önemli yükümlülüğü risk değerlendirmesi yapma yükümlülüğüdür. Kanununun 4. maddesine göre “işveren risk değerlendirmesi yapar ya da yaptırır” (Bostancı, 2013). Ceylan (2012), iş kazaları ve bunlardan ölüm ile sonuçlananları

sektörlere göre gruplandırmış, iş kazası oluşma riski yüksek sektörlerin maden, metal ve inşaat olduğunu saptamıştır. Ünal ve Aykaç (2010), inşaat sektöründe kullanılan asansörlerin güvenlik risklerine ve asansör kazalarının nedenlerini irdeledikleri çalışmalarında, teftişler tarafından belirlenen eksikliklerin ve mevzuata uygun olmayan hallerin düzeltilmemesi halinde, işin durdurulmasını ve gerektiğinde işyerinin kapatılmasını öngören yasal hükümlerin bulunmakta olduğu, fakat müfettiş sayısının yetersiz olması nedeniyle iş yerlerinin bir yıl içerisinde en fazla %10'unun denetlenebildiğini ifade etmişlerdir. Mıstıkoğlu ve ark. (2015) çatı ve cephe kaplaması imalatı sırasında meydana gelen kaza sayılarının diğer kazalara nispeten neden fazla olduğunun araştırılması ve kazalara karşı alınan güvenlik önlemlerinin değerlendirilebilmesi için bir çalışma yapmışlar ve bu çalışmada meydana gelen kazaların en büyük nedeninin işçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği kültürünü benimsememesi olduğunu belirtmişlerdir. Iraj ve ark. (2015), inşaat sektöründe sağlığı tehdit eden faktörleri belirlemek ve mesleki yaralanmaların ciddiyetini tahmin etmek için bir model sunmak için iş yaralanmalarının ciddiyetinin YSA ile modellemişlerdir. Araştırmanın bulguları, yaralanmaların bir sağlık sorunu olarak ciddiyetinin, kaza şiddetinin nedensel ve tahmin edici faktörleri olarak kabul edilebilecek bireysel, organizasyonel, sağlık ve güvenlik eğitimi ve risk yönetimi faktörleri dahil olmak üzere çeşitli faktörlerle sonuçlandığını göstermiştir. Soltanzadeh ve ark. (2016), inşaat sektöründe kaza şiddet oranı faktörlerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında YSA kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, bazı bireysel faktörlerin, organizasyonel faktörlerin, eğitim faktörlerinin ve risk yönetim sistemi faktörlerinin inşaat endüstrisinde kaza şiddet oranı faktörlerinin öngörü ve ilişkili faktörleri olabileceğini gösterilmiştir. Genç ve ark. (2018), Türkiye'deki inşaat sektöründeki işlerde firma risklerini, firmaların bu risklere karşı tutumlarını ve bu risklerin proje başarısına etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında inşaat projelerinde meydana gelen doğal afet/eylem/kaza risklerinin gerçekleşme olasılığı az düzeyde, proje-tasarım aşamasındaki riskler, inşaat aşaması- organizasyon riskleri ve dış- çevresel risklerinin gerçekleşme olasılıklarının ise orta düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Metodoloji

Bilirkişi, belirli bir alanda uzman olan, uzmanlığı konusunda kendisine güvenilen ve uzmanlık bilgisini tarafsız olarak sunma iradesi olan kişidir (Tarman,2005). Bilirkişi, görüşüne başvurulmuş konu ile ilgili incelemelerini bitirip çalışmasını sonuçlandırınca mütalaasını "bilirkişi raporu" adı verilen yazılı şekilde ilgili mercie bildirir (Mecek, 2011). Bu çalışmada 1994-2012 yıllarına ait SGK veri depolama sisteminden elde edilen 134 adet bilirkişi raporu kullanılmıştır. Raporların tamamı 3 bilirkişi tarafından oluşturulmuş bilirkişi heyet raporudur. SGK verileri kullanıldığı için tüm işçiler sigortalıdır. Kazazedelerin tümü erkektir. İncelenen her rapor bir kazayı temsil etmektedir. Çalışmada kullanılan 134 kazanın bazılarında birden fazla kazazede mevcut olup toplam 185 kazazedeye ait veri değerlendirilmiştir.

134 bilirkişi raporundan elde edilen 185 gözleme ait değişkenlerden beş nicel değişken kazanın meydana gelmesindeki sorumluluk oranlarını (işçi kusur oranı, sorumlu şirket kusur oranı, diğer şirketler kusur oranı, üçüncü şahıs kusur oranı, kaçınılmazlık oranı) ve 19 nitel değişkenin yer aldığı kazanın gerçekleştiği zamana ait değişkenler (mevsim, gün, hafta içi/sonu, kaza anı), kazanın olduğu mekâna ait değişkenler (bölge, il), kazanın gerçekleştiği inşaata ait değişkenler (proje tipi, yapı tipi, kişisel ya da toplu koruyucu önlemlerin varlığı) kazazedenin görevi, kazazede ile ilgili değişkenler (kazazedenin yaşı, uzuv kaybı, son durumu) bilirkişi raporları sonucu kazanın meydana gelmesine sebep olan nedenler (denge kaybı, dikkatsizlik, çökme-göçme, bakım-onarım eksikliği, denetim eksikliği, eğitim eksikliği) analizde yer almıştır. Beş kusur oranı toplamı yüzde yüz olacak şekilde belirlenen orandır. Bu kusur oranlarına ait kayıp gözlem sayısı Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’de görüldüğü gibi kusur oranlarına ait kayıp gözlem çok azdır.

Tablo 1. Kusur oranlarına ait betimsel istatistik değerleri

Kusur oranları	Geçerli Gözlem	Kayıp Gözlem	Ortalama	Standart Hata
İşçi kusur oranı	184	1	18,56	1,167
Sorumlu şirket kusur oranı	184	1	60,87	1,361
Üçüncü şahıs kusur oranı	184	Yok	3,95	0,795
Kaçınılmazlık oranı	185	Yok	0,65	0,380
Diğer şirketler kusur oranı	184	1	15,84	1,426

Kazanın olduğu zamana ait nitel değişkenlerin sahip olduğu kategorilerin neler olduğu ve ne kadar gözlemlendiği özetlenmek için kazanın gerçekleştiği zamana ait değişkenlerin frekans değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kazanın gerçekleştiği zamana ait değişkenlerin frekans değerleri

Kazanın Olduğu Zaman	Frekanslar	Kayıp Gözlem
Hafta İçi	149	Yok
Hafta Sonu	36	
Pazartesi	57	
Salı	27	
Çarşamba	22	
Perşembe	21	Yok
Cuma	22	
Cumartesi	22	
Pazar	14	
İlkbahar	80	
Kış	30	Yok
Son Bahar	36	
Yaz	39	
0.00-3.59	5	
4.00-6.59	2	
7.00-9.59	18	
10.00-12.00	38	60
12.45-14.59	21	
15.00-17.59	22	
18.00-20.59	13	
21.00-23.59	6	

Tablo 2’de görüldüğü gibi kazanın gerçekleştiği zamana ait değişkenlerden sadece kaza anında kayıp gözlemler bulunmaktadır. Altmış adet kayıp gözlem kaza saatinin tam olarak tespit edilememesi ve/veya bilinmeyen başka bir sebeple bilirkişi raporlarında yer almamıştır.

Tablo 3. Kazanın gerçekleştiği mekâna ait değişkenlerin frekans değerleri

Kazanın Olduğu Yer	Frekanslar	Kayıp Gözlem
Akdeniz Bölgesi	36	
Doğu Anadolu Bölgesi	4	
Ege Bölgesi	9	
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	8	Yok
İç Anadolu Bölgesi	12	
Karadeniz Bölgesi	60	
Marmara Bölgesi	56	
Adana	18	
Ankara	8	
Antalya	2	
Balıkesir	3	
Bingöl	3	
Bolu	6	
Çanakkale	4	
Denizli	2	
Düzce	6	
Eskişehir	1	
Gaziantep	8	
Gümüşhane	1	Yok
Hatay	11	
İstanbul	47	
Kayseri	1	
Kütahya	2	
Malatya	1	
Manisa	5	
Mersin	5	
Nevşehir	1	
Sakarya	2	
Samsun	1	
Yozgat	1	
Zonguldak	46	

Tablo 3’te kazanın gerçekleştiği mekâna ait değişkenlerin frekansları gerek bölge bazında gerekse il bazında yer almaktadır. 134 kazanın raporlandığı örnekleme, 7 bölgeden ve 24 ilden gözlemler bulunmaktadır. Kazazede sayılarının bazı illerde düşük bazı illerde yüksek olması dikkate değerdir. Bu durumun birçok nedeni olabilir. İllerin farklı nüfus büyüklüklerine sahip olması nedenlerden bir tanesidir. Fakat yüksek nüfusa sahip olmak, kazaların çok olması ve bu kazalarda daha fazla kazazedenin etkilenmesini tek başına açıklamaz. Bunun yanında illerdeki iş sağlığı ve güvenliği konusunda farklı uygulamalar olabilir. Zonguldak ilinin sahip olduğu yüksek frekansın nedeni, Zonguldak’ta iş alanları olarak madenlerin çoğunlukta olmasıdır. Bilindiği gibi bir maden kazasında birden çok kazazedenin etkilenmesi muhtemeldir.

Tablo 4. Koruyucu önlemlerle ilgili değişkenlere ait frekans değerleri

Koruyucu Önlemler	Frekanslar	Kayıp Gözlem
Kişisel Koruyucu Önlemler Yok	181	1
Kişisel Koruyucu Önlemler Var	3	
Toplu Koruyucu Önlemler Yok	183	1
Toplu Koruyucu Önlemler Var	1	

Tablo 4 incelendiğinde genel olarak hem toplu koruyucu önlemlerin hem de kişisel koruyucu önlemlerin alınmadığı raporlanmıştır. Bu durum kazanın ve kazada yaşanan can kaybı ve benzeri mağduriyetlerin önlenebileceğini gözler önüne sermektedir. Kayıp gözlem açısından incelendiğinde Kişisel koruyucu önlemler ve toplu koruyucu önlemler değişkenlerinde birer kayıp gözlem bulunmaktadır.

Tablo 5. Kazanın gerçekleştiği proje ve yapılara ait frekanslar

Proje ve Yapı Tipi	Frekanslar	Kayıp Gözlem
Bakım Onar Projesi	11	Yok
İnşaat Projesi	174	
Bina Yapıları	89	
Dekopaj & Galer i& Tünel	49	
Diğer	8	
Enerji Tesisleri	5	4
Spor Tesisleri	2	
Su Yapıları	20	
Ulaştırma Yapıları	8	

Tablo 5'te kazanın gerçekleştiği proje tipine ait bilgiler bulunmaktadır. Kazalar bakım onarım projelerinden ziyade inşaat projelerinde meydana gelmektedir. 185 kazazedenin hangi proje tipinde çalıştığına dair kayıp gözlem bulunmamaktadır. Fakat kazanın olduğu yapı tipi incelendiğinde dört kayıp gözlem bulunmaktadır. İncelenen 185 kazazedenin çoğunlukla bina yapılarında dekopaj&galeri&tünel yapılarında ve su yapılarında çalıştıkları görülmektedir

Tablo 6. Kazazedelerin görevi ile alakalı frekans değerleri

Kazazedenin Görevi	Frekanslar	Kayıp Gözlem
Bekçi	2	
İşçi	116	
İş Uzmanı	3	
Mühendis	1	
Operatör	9	Yok
Şoför	7	
Tekniker	2	
Teknisyen	9	
Usta	36	

Tablo 6 incelendiğinde kazazedelerin çoğunluğunun vasıfsız işçi olduğu görülmektedir. Eğitim düzeyi ve mesleki vasıf artığında (işçi, usta, teknisyen, tekniker ve mühendis) kazazedeye ait frekanslarda azalmaktadır. Kazazedenin görevi değişkenine ait kayıp gözlem bulunmamaktadır.

Tablo 7. Kazazede ile alakalı değişkenlere ait frekans değerleri

Kazazede ile Alakalı Değişkenler	Frekanslar	Kayıp Gözlem
Uzun Kaybı Yok	172	
Uzun Kaybı Var	13	Yok
17-24 yaşı	23	
25-32 yaşı	51	
33-40 yaşı	38	33
41-48 yaşı	30	
49-58 yaşı	10	
Sürekli İş Göremezlik	41	
Olum	96	
Malul	6	2
Geçici İş Göremezlik	40	

Tablo 7 incelendiğinde 185 kazazedenin 13'ünde uzuv kaybı meydana geldiği görülmektedir. Yine bu tabloda Kazazedenin yaşı 5 kategoriye ayrılarak incelenmiştir. En çok frekansa sahip yaş kategorisinin 25-32 yaş kategorisi olduğu görülmektedir. Genç yaşlarda kazaya uğrama ihtimalinin yüksek olması, tecrübe ve eğitim eksikliğinin kazanın yaşanma olasılığını artırdığı şeklinde yorumlanabilir. Kazazedenin son durumu değişkeni incelendiğinde 185 kazazededen 96'sının ölmüş olması Türkiye'de meydana gelen kazalarda can kaybının çok olduğu gerçeğinin bir yansımasıdır. Uzuv kaybı, kazazedenin yaşı ve son durum değişkenleri sırasıyla 0, 33 ve 2 kayıp gözleme sahiptir.

Tablo 8. Kaza nedenlerine ait frekans değerleri

Kazanın Nedenleri	Frekanslar	Kayıp Gözlem
Denge Kaybı Yok	141	
Denge Kaybı Var	44	Yok
Dikkatsizlik Yok	47	
Dikkatsizlik Var	138	Yok
Çökme-Göçme Yok	141	
Çökme-Göçme Var	44	Yok
Bakım-Onarım Eksikliği Yok	172	
Bakım-Onarım Eksikliği Var	13	Yok
Denetleme Eksikliği Yok	41	
Denetleme Eksikliği Var	144	Yok
Eğitim Eksikliği Yok	48	
Eğitim Eksikliği Var	137	Yok

Kaza nedenlerine ait değişkenler incelendiğinde kazalarda dikkatsizliğin çok olduğu ve denetleme eksikliğinin fazla olduğu görülebilmektedir. Ayrıca eğitim eksikliği de büyük boyutlardadır. Kaza nedenlerine ait değişkenlerde kayıp gözlem bulunmamaktadır.

Çalışmada yer alan değişkenlere ait verilerin bazılarında eksik verilerin olduğu görülmektedir. Kayıp verilerin mevcut olduğu durumlarda veriler analiz edilmeden önce kayıp verilerin rasgele olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. İstatistiksel çıkarımlarda bir örneğin ana kütlede rasgele çekilmesi ne kadar önemliyse, bir örnekleme eksik verinin rasgele olması da o kadar önemlidir. Veri yapısındaki nicel değişkenlere ait gözlem değerleri eksik veri içerenler ve içermeyenler olarak iki gruba ayrılır. Daha sonra ilgilenilen diğer değişkenlerin değerleri açısından eksik veri içeren ve

içermeyen iki grup arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olup olmadığı *t* testi ile test edilir. Anlamlı fark, rasgele olmayan kayıp veri sürecinin varlığını gösterir (Alpar, 2003). *t* testine ait hipotezler aşağıdaki gibidir.

- H_0 : Eksik verilerde rastgelelik vardır
- H_1 : Eksik verilerde rastgelelik yoktur

SPSS 20 programı yardımı ile elde edilen kayıp verilere ait *t*-test sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Kazazedenin yaşı ve kaza anı değişkenlerine ait kayıp verilerde rastgelelik analizi t-testi sonuçları

Değişken	İstatistikler	İşçi kusur oranı	Sorumlu şirket kusur oranı	Üçüncü. Şahıs Kusur Oranı	Kaçınılmazlık oranı	Diğer şirketler kusur oranı
Kazazedenin yaşı	p değeri	0,705	0,955	0,996	0,232	0,779
	Ortalama (Mevcut)	18,74	60,83	3,95	0,39	16,06
	Ortalama (Kayıp)	17,73	61,06	3,94	1,82	14,85
Kaza anı	p değeri	0,000	0,000	0,000	0,971	0,000
	Ortalama (Mevcut)	23,23	57,94	5,44	0,64	12,54
	Ortalama (Kayıp)	8,92	66,92	0,83	0,67	22,67

Yapılan analizlerde kayıp veri sayısı beş ve beşten küçük olanlar dikkate alınmamıştır. Tablo 9 incelendiğinde kazazedenin yaşı değişkenindeki kayıp verilerin rasgele olduğu görünmektedir. Fakat kaza anındaki kayıp veriler rasgele dağılmamaktadır. Ayrıca tüm nicel değişkenler için tam olan gözlemleri (List wise: Akıllı liste) dikkate alarak elde edilen aritmetik ortalama ile bütün değerleri (All values: Bütün değerler) dikkate alarak elde edilen aritmetik ortalamalar arasında önemli bir farklılık bulunmamaktadır (bkz. Tablo 10).

Tablo 10. Nicel değişkenler için hesaplanmış ortalamalar

	İşçi kusur oranı	Sorumlu şirket kusur oranı	Üçüncü. Şahıs Kusur Oranı	Kaçınılmazlık oranı	Diğer şirketler kusur oranı
Akıllı liste	24,65	57,87	5,59	0,59	11,29
Bütün değerler	18,56	60,87	3,95	0,65	15,84

Yine rastgeleliğin bir göstergesi olarak, veri setindeki değişkenler kayıp değer içerenler ve içermeyenler olarak iki gruba ayrılıp, tam veriler 1, kayıp veriler 0 olarak kodlandıktan sonra değişkenler arasındaki Pearson korelasyon değerleri incelenebilir. Elde edilen Pearson korelasyon katsayıları her bir değişken çifti için kayıp veriler arasındaki ilişki miktarının derecesini gösterir. Tablo 11 incelendiğinde değişkenler arasında görülen düşük korelasyonların varlığı her bir değişken çifti için eksik verilerin rasgele dağıldığını göstermektedir (Alpar, 2003).

Tablo 11. Pearson korelasyon matrisi

	İşçi kusur oranı	Sorumlu şirket kusur oranı	Üçüncü. Şahıs Kusur Oranı	Kaçınılmazlık oranı	Diğer şirketler kusur oranı
İşçi kusur oranı	1				
Sorumlu şirket kusur oranı	-0,218	1			
Üçüncü şahıs kusur oranı	-0,264	-0,285	1		
Kaçınılmazlık oranı	-0,032	-0,196	-0,042	1	
Diğer şirketler kusur oranı	-0,349	-0,578	-0,195	-0,059	1

Gösterge değişkenlerinin yüzde uyumsuzlukları Tablo 12’de sunulmuştur. Tablo 12 incelendiğinde kazazedenin yaşı ile kaza anı değişkeninin uyumsuzluk yüzdesinin %37,30 olduğu görülmektedir. Bunun anlamı bu değişken çiftinden en az birinin eksik olduğu gözlem sayılarının bütün gözlem sayılarına oranının yüzdesi olarak ifade edilebilir. Bu değer, kayıp verilerin iki değişken çiftindeki farklı gözlem değerlerinde meydana geldiğini göstermektedir.

Tablo 12. Gösterge değişkenlerinin yüzde uyumsuzluğu

	Kazazedenin yaşı	Kaza anı
Kazazedenin yaşı	17,84	
Kaza anı	37,30	32,43

Kayıp değerler rasgele olduğunda kayıp değer içeren veri setlerinde çeşitli silme yöntemleri ile kayıp değerler problemin ortadan kaldırılacak yöntemler kullanılabilir (Köse ve Öztumur, 2014). Fakat bu yöntem kullanıldığında bazen gözlem sayısında önemli ölçüde azalma olmakta, bu da yeterli olan örneklem büyüklüğünü olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, araştırmanın güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Kalaycı, 2010). Bunun yerine kayıp değerlerin çeşitli atama yöntemleri mevcuttur. Sık kullanılan atama yöntemlerinden bazıları; yerine ortalama koyma, regresyon ataması, beklenen maksimizasyon yaklaşımı ve çoklu atama olarak sıralanabilir (Köse ve Öztumur, 2014).

Bu ilgiler ışığında kaza anı değişkenine ait kayıp verilerin rasgele dağılmaması ve kazazedenin yaşı değişkenine ait kayıp veriler ile gösterdiği uyumsuzluktan dolayı tahmin edilmemesi uygun olarak görülmüştür. Fakat kaza anının önemli bir bilgiyi taşımasından dolayı analiz dışında bırakılmaması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı kategorik hale getirilmiş olan kaza anı değişkeninde kayıp gözlemler bilinmeyen olarak işaretlenerek analize dâhil edilmiştir. Kazazedenin yaş kategorik değişkenine ait kayıp veriler rastgele dağıldığı için tahmin edilmiştir.

İşçi kusur oranı, sorumlu şirket kusur oranı ve diğer şirketler kusur oranı değişkenlerine ait kayıp gözlemler 5’ten az olduğu için kayıp verilere rastgelelik analizi yapılamamaktadır. Fakat, kayıp değerler az olduğu için doğrudan tahmin edilebilir. Dolayısı ile bu değişkenlere ait kayıp veriler için seri aritmetik ortalaması yöntemi ile tahmin yapılmıştır. Bu yöntemin kullanılma sebebi verilerin nicel dağılıma sahip olması ve veriye ait ortalamanın, verinin konum ölçüsü olarak kullanılabilmesidir. Ayrıca kategorik değişkenlerde konum ölçüsü olarak medyanın kullanılmasından dolayı, toplu

koruyucu önlemlerin varlığı, kişisel koruyucu önlemlerin varlığı, son durum, yapı tipi ve kazazedinin yaşı değişkenlerine ait kayıp veriler de seri medyanı yöntemi ile tahmin edilmiştir.

Kayıp veri problemi giderildikten sonra kazazedinin son durumu (geçici iş göremezlik, sürekli iş göremezlik, malul ve ölüm) değişkeninin bağımlı değişken olduğu bir YSA modeli tasarlanabilir.

Yapay Sinir Ağları

Canlılara ait eğitilebilme, farklı koşullara adapte olabilme ve öğrenebilme özellikleri bir fonksiyon yardımı ile matematiksel olarak modellenilebilir. İnsan beyninin temel özelliklerinden olan öğrenme, hatırlama, genelleme yapma ve mevcut bilgilerden yeni çıkarımlar yapma gibi işlevler, biyolojik sinir sistemi yardımı ile bilgi işlenerek oluşmaktadır. Yapay Sinir Ağları (YSA) bu bilgi işleme tekniğinin bilgisayar sistemlerinde yazılımlar yardımıyla taklit edilmesidir. Böylece biyolojik nöron hücreleri ve bu nöron hücrelerinin aralarında oluşan bağlar dijital olarak modellenmiş olur. YSA bir öğrenme işleminden sonra çıktı olarak elde ettiği bilgiyi depolayabilir ve genelleme yapabilir.

Bir YSA modelinde bilgi, örneklerden öğrenme süreci yoluyla elde edilir. Bu YSA modelinde birbirlerine farklı yollarla bağlı yapay sinir hücreleri (nöronlar) bulunur. Bu yapay sinir hücreleri, diğer yapay sinir hücreleri ile ağırlıklandırılmış bağlantılar aracılığıyla bağlanmıştır (Fausett, 1994). Yapay sinir ağının sahip olduğu bilgi, bu ağırlık değerlerinde saklı olup ağın geneline yayılmış haldedir (Öztemel, 2012).

Yapay Sinir Ağlarının sahip olduğu birtakım dezavantajlar vardır. Bunlar oluşturulacak olan ağın yapısının belirlenmesi, ağ parametrelerinin seçimi gibi işlemlerin belirli bir standardının olmamasıdır. Bununla birlikte, YSA'da problemler sadece nümerik bilgiler ile gösterilebilir ve YSA'da örneklem yoluyla ağ eğitilirken eğitimin ne zaman bitirileceği belirsizdir. Ayrıca ağ sisteminin içinde ne olup bittiği bilinmemektedir. Bazı özel YSA'ları hariç kararlılık analizi yapılamaz. Bu saydığımız dezavantajlarına rağmen spesifik olarak, kategorilere ayırma, örüntü tanıma, sinyal işleme, veri sıkıştırma çalışmalarında YSA en güçlü yöntemlerdendir (Öztemel, 2012). YSA güçlü modelleme özelliği sayesinde finansal ve ekonomik tahmin yöntemi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, YSA çeşitli doğrusal olmayan fonksiyon formundaki verilerde ve parametrik olmayan verilerde etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir (Liliana ve Napitupulu, 2010).

Yapay sinir ağlarının yapısı ve temel elemanları

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sisteminden etkilenerek geliştirilmiştir. Biyolojik sinir hücreleri birbirleri ile synapsler vasıtası ile iletişim kurarlar. Bir sinir hücresi işlediği bilgileri axon'lar yolu ile diğer hücrelere gönderirler. Tablo 13'te biyolojik sinir sistemi elemanları ile taklit edilmiş yapay sinir ağlarındaki karşılıkları verilmiştir.

Tablo 13. Biyolojik sinir sistemi ve karşılık gelen YSA elemanları

Biyolojik sinir sistemi	Yapay sinir ağları
Nöron	İşlemci elemanı
Dentrit	Toplama fonksiyonu
Hücre gövdesi	Transfer fonksiyonu
Aksonlar	Yapay nöron çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

Biyolojik sinir sistemine benzer şekilde yapay sinir hücreleri dışarıdan gelen bilgileri (girdi değişkenini) bir fonksiyon yardımı ile toplar ve aktivasyon fonksiyonu yardımı ile çıktıyı üretip ağın bağlantılarının üzerinden diğer nöronlara gönderir. Tablo 13'te görüldüğü gibi bir yapay hücre modeli beş elemandan oluşmaktadır. Bunlar; işlemci elemanı, toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu, yapay nöron çıkışı ve ağırlıklardır (Bayata ve Hattatoğlu, 2014). Çok çeşitli toplama ve aktivasyon fonksiyonları vardır. Yapay sinir ağlarını birbirlerine bağlayan değerlere ağırlık denmektedir. Bu ağırlıklar biyolojik sinir sistemindeki sinapslara karşılık gelir. Bu ağırlıklar bilginin taşınmasında kilit role sahiptir. Fakat bu ağırlıklar tek başlarına bir anlam ifade etmezler ve yorumlanamazlar. YSA'nın temel işleyişi bir fonksiyon yardımıyla denklem 1'deki gibi ifade edilebilir

$$s = \sum w_i x_i + \varepsilon, \quad y = f(s) \quad (1)$$

Denklem 1'de w (hücre ağırlıklar matrisi) ile x (hücre giriş vektörü, giriş nöronları) çarpımına ε (bias)'ın eklenmesi ile s (hücre net girişi) elde edilir. Daha sonra s değerleri f transfer fonksiyonu ile y (hücre çıkışı) değerleri elde edilir.

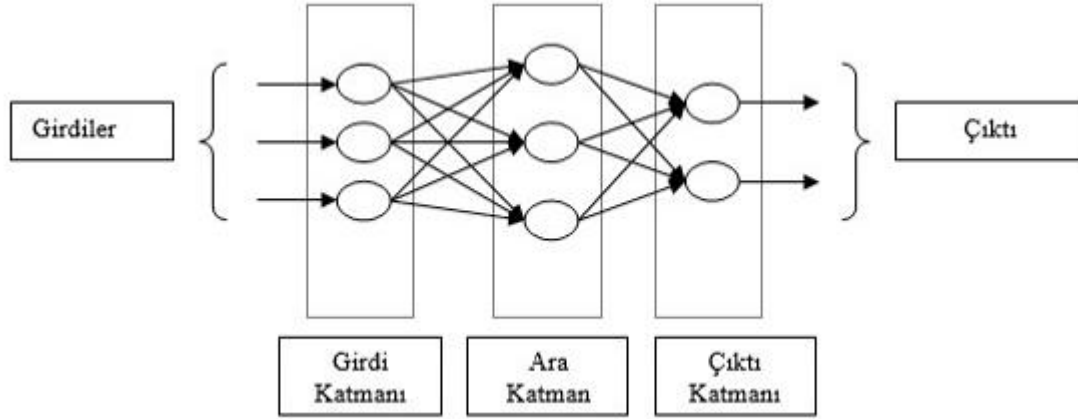
Bir YSA modeli genel olarak üç katmandan oluşur. Bunlar sırasıyla girdi katmanı, ara katman(lar) ve çıktı katmanıdır. Girdi katmanı dışarıdan bilgileri alan nöronlara sahiptir. Bu girdi nöronları bilgiye herhangi bir işlem uygulamadan diğer katmanlara iletir. Çıktı katmanı ise bilgiyi çıktı olarak veren nöronlara sahiptir. Girdi ve çıktı katmanları tek katmandan oluşuyor iken bu iki katman arasında ara (gizli) katman sayısı bir veya birden çok olabilir. Ara katman(lar)da bulunan nöronlar ağın içindeki diğer nöronlarla bağlantılıdır. Ara katmandaki bir nöron katmanından önceki katmandaki bütün nöronlardan sinyal yoluyla bilgi alır, bu bilgiyi işledikten sonra elde ettiği çıktısını bir sonraki katmandaki bütün nöronlara gönderir. Bilgi işlemeyen kasıt nörona gelen bilgilerin ağırlık değerleri kullanılarak çıktıya dönüştürülmesidir. Bu durum nihai çıktı için ileri besleme patikası oluşturur. Sonuç olarak, ağın girdiler için doğru çıktıları üretebilmesi doğru ağırlıkların kullanılmasına bağlıdır. Doğru ağırlıkların bulunması işlemine ağın eğitilmesi denmektedir. Bu ağırlık değerleri model ilk kurulduğunda tesadüfi olarak atanırlar. Daha sonra eğitim sırasında her örnek ağa girdiğinde ağın öğrenme kuralına göre (ileriye beslemeli ağlarda hata minimize edilene kadar) ağırlıklar değiştirilir. Daha sonra başka bir örnek ağa sunularak ağırlıklar yine değiştirilir ve en doğru değerleri bulunmaya çalışılır. Bu işlemler ağ eğitim setindeki bütün örnekler için tekrarlanır. Daha sonra test setindeki

örnekler ağa gösterilir. Eğer ağ test setindeki örneklere doğru cevaplar verirse ağ eğitilmiş kabul edilmektedir (Öztemel, 2012).

Bir YSA modelinin karakteristik özellikleri; ağın topolojisi, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu, öğrenme stratejisi ve kuralıdır. Geliştirilen ileri beslemeli YSA modelleri arasında en yaygın olarak kullanılanlardan biri de çok katmanlı algılayıcılar modelidir (Söyler ve Kızılkaya, 2018).

Çok katmanlı algılayıcı ağları

Çok Katmanlı Algılayıcı Ağları (ÇKA) girdi katmanı, ara (gizli) katman ve çıktı katmanından oluşur. (Bkz. Şekil 1). Girdi katmanı, dış dünyadan bilgileri alan giriş nöronlarına sahiptir. Bu girdi nöronları bilgiye herhangi bir işlem uygulamadan diğer katmanlara iletir. Ara katmanlarda ise girdi katmanından gelen bilgileri işlerler. Bir adet ara katman ile doğrusal olmayan birçok problemi çözmek mümkündür.



Şekil 1. Bir gizli katmana sahip çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağları örneği
(Url-3:<https://www.hostingdergi.com.tr/yapay-zeka-ve-sinir-aglari>)

Eğer ağ tarafından öğrenilen veri setinde girdi/çıkı arasındaki ilişkisi doğrusal değilse ve ağ yapısı karmaşıksa birden fazla ara katmanda ağ yapısında yer alabilir. Çıktı katmanında, ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ürettiği bilgi çıktı olarak bulunur. Bu çıktı ağın dışına iletilir. Girdi ve çıktı katmanlarında kaç tane süreç elemanının olması gerektiğine veri setinin özelliğine göre karar verilir. Kaç tane ara katmanın olacağı ve her birinde kaç nörona ihtiyaç olduğunu gösteren bir yöntem yoktur. Bu sayılar deneme yanılma yolu ile belirlenebilir. Girdi katmanındaki nöronların her biri ile ara katmandaki her nöron birbirlerine bağlıdır. Ara katmandaki her nöron da çıktı katmanındaki nöronların her birine bağlıdır. Sinyal akışı ileri yönlüdür. ÇKA modelinde ağ “genelleştirilmiş delta kuralına” göre eğitilmektedir. ÇKA ağları öğretmenli öğrenme stratejileri kullanırlar. Dolayısı ile bu tür modellerde ağın eğitilmesi aşamasında hem girdiler hem de o girdilere karşılık ağda üretilmesi gereken çıktılar ağa tanıtılır. Bütün bunlar gerçekleşirken öğrenmenin ana felsefesi eğitim sırasında ağın ürettiği çıktılar ile üretmesi beklenen çıktılar arasındaki hatanın ağda kullanılan ağırlıklar yardımı

ile minimize edilmesidir. Öğrenme sırasında önce girdiler ağı sunularak bu girdilere karışıklık gelen çıktılar üretilir. Daha sonra üretilen çıktı ile beklenen çıktı karşılaştırılarak aradaki hata geriye doğru dağıtılarak ağırlıklar değiştirilirler. ÇKA ağlarında örnek veri setinin seçimi, girdi ve çıktılarının ağı sunulması, girdi ve çıktılarının sayısal gösterimi, başlangıç ağırlık değerlerinin atanması, öğrenme ve momentum katsayılarının belirlenmesi, ağırlıkların çıktılardaki hatayı minimize edecek şekilde güncellenmesi, girdi ve çıktılarının ölçeklendirilmesi, durdurma ölçütünün belirlenmesi, ağların büyütülmesi ve budanması olayları ağ öğrenmesini etkileyen faktörlerdir.

ÇKA ağlarının eğitim performansını ölçmek için eğitim bittikten sonra ağın eğitim sırasında görmediği örnekler ağı gösterilerek bunlar hakkında ağın kararına bakılır. Eğer ağ görmediği örneklere doğru cevaplar üretiyorsa o zaman performansı iyidir denir (Öztemel, 2012).

Uygulama

Çalışmada YSA modeli oluştururken kazazedelerin kazadan sonraki halini ifade eden son durum değişkeni bağımlı değişken olarak alındı. Açıklayıcı (bağımsız) değişken olarak beş nicel değişken (işçi kusur oranı, sorumlu şirket kusur oranı, diğer şirketler kusur oranı, üçüncü şahıs kusur oranı, kaçınılmazlık oranı) ve 19 nitel değişken (mevsim, gün, hafta içi/sonu, kaza anı, bölge, il, proje tipi, yapı tipi, kişisel ya da toplu koruyucu önlemlerin varlığı, kazazedenin görevi, kazazedenin yaşı, uzuv kaybı, denge kaybı, dikkatsizlik, çökme-göçme, bakım-onarım eksikliği, denetim eksikliği, eğitim eksikliği) yer aldı. Değişkenlere yeniden ölçekleme olarak standardizasyon uygulanmıştır. Veri setinin %75'lik kısmı (135/185) eğitim verisi, %25'lik kısım (46/185) ise test verisi olarak kullanılmıştır.

Ara (gizli) katman aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant, sigmoid ve softmax, çıktı katmanı aktivasyon fonksiyonu olarak ise identity, softmax, hiperbolik tanjant, çapraz entropi ve sigmoid aktivasyon fonksiyonları denenmiştir. ÇKA modellerinde en iyi mimariyi elde edebilmek için denenmiş farklı aktivasyon fonksiyonları ve nöron sayılarından en iyi performansa sahip 10 model Tablo 14'te gösterilmiştir.

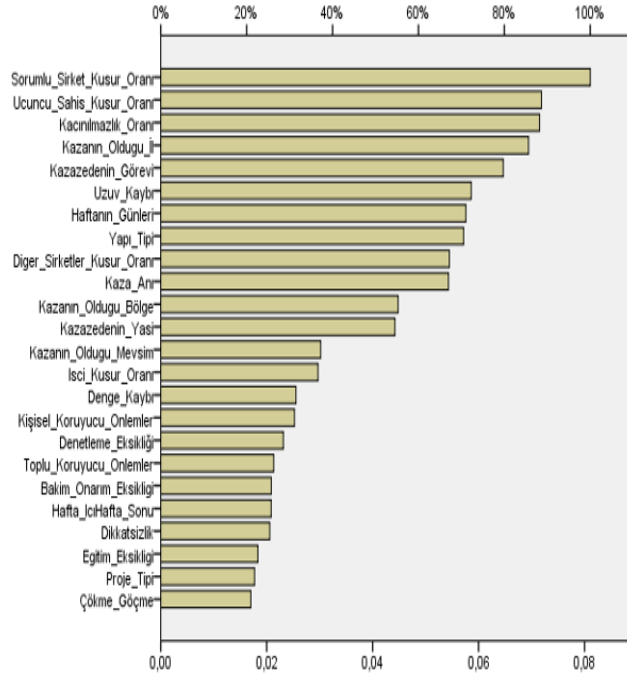
Tablo 14. En iyi performansa sahip ÇKA modelleri

Modeller	Gizli Katman Aktivasyon Fonksiyonu	Çıktı Katmanı Aktivasyon Fonksiyonu	Birinci Gizli Katman Nöron Sayısı	Eğitim Performansı	Test Performansı
Model 1	Softmax	Çapraz Entropi	4	53,2	61,0
Model 2	Softmax	Identity	4	56,6	52,9
Model 3	Hiperbolik Tanjant	Identity	11	74,1	78,3
Model 4	Hiperbolik Tanjant	Softmax	6	80,7	62,5
Model 5	Hiperbolik Tanjant	Hiperbolik Tanjant	3	75,6	69,5
Model 6	Hiperbolik Tanjant	Sigmoid	6	73,8	73,2
Model 7	Sigmoid	Identity	4	72,5	69,4
Model 8	Sigmoid	Softmax	4	76,9	72,5
Model 9	Sigmoid	Hiperbolik Tanjant	8	69,2	70,4
Model 10	Sigmoid	Sigmoid	4	82,8	66,7

Tablo 14'teki denemelerin sonuçları göz önüne alındığında en iyi performansa sahip ÇKA modelinin Model 3 olduğu görülmüştür. Model 3, diğer modellere göre bir inşaat kazası sonucu kazazedenin durumunu hem test verisinde hem de eğitim verisinde daha doğru tahmin etmiştir. Bu model, gizli katman aktivasyon fonksiyonu Hiperbolik tanjant, çıktı katmanı aktivasyon fonksiyonu identity ve ara (gizli) katman sayısı olarak bir katman ve bu bir katmanda 11 nöron olarak oluşturuldu.

İnşaat kazasında kazazedenin son durumunu tahmin etmek amacıyla oluşturulan ÇKA modelinde (Model 3), açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini ifade etmek için açıklayıcı değişken önem analizi kullanılmıştır. Elde edilen açıklayıcı değişken önem analizi sonuçları Şekil 2'de görülmektedir.

Açıklayıcı değişkenlere ait normalleştirilmiş önem analizinde (Bkz. Şekil 2) görüldüğü üzere kazazedenin son durumuna etki eden en önemli nicel değişkenler sorumlu şirket kusur oranı, üçüncü şahıs kusur oranı ve kaçınılmazlık oranıdır. Kazazedenin son durumuna etki eden en önemli nitel değişkenler (faktörler) ise kazanın olduğu il, kazazedenin görevi, uzuv kaybı, haftanın günleri ve yapı tipi olarak elde edildi. Bu nitel değişkenler kazanın olduğu il değişkenine ait frekanslar incelendiğinde (Bkz. Tablo 3) bazı iller yüksek kaza oranına sahiptir. Son durum ile kazanın olduğu il, kazazedenin görevi, uzuv kaybı, haftanın günleri ve yapı tipi değişkenleri arasındaki kontenjan (olağanlık) katsayısı sırasıyla 0,58, 0,46, 0,43, 0,38 ve 0,38 dir.



Şekil 2. Kazazedenin son durumuna etki eden faktörlerin önem analizi

Kazazedenin son durumu için kazanın olduğu mevsim, kaza anı ve kazanın olduğu gün değişkeni açıklayıcı değişken önem analizinde yine üst sıralarda yer almaktadır. Kazanın olduğu mevsim değişkeninin frekansları incelendiğinde ilkbaharda daha fazla kaza olduğu görülmektedir (Bkz. Tablo 2). Diğer mevsimlerde ilkbahara nispeten daha az düzgün bir dağılım göstermektedir. Bu artışın bahar aylarında daha fazla çalışan kişi olduğu ile açıklanabilir. Ayrıca son durum değişkeni ile mevsim arasında 0,24 bir ilişki söz konusudur. Kaza anı ile kazazedenin son durumu arasında 0,35'lik bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca, kaza anı dikkatsizlik birlikte incelendiğinde aralarında 0,56'lık bir ilişki bulunmaktadır (Bkz. Tablo 15).

Tablo 15. Kaza anı ile Dikkatsizlik Arasındaki Simetrik Ölçüm

Değişkenler	Kontenjan (Olağanlık) Katsayısı	Geçerli Gözlem Sayısı
Kaza Anı & Dikkatsizlik	0,567 (0,000)	185

Ayrıca kaza anı ile dikkatsizlik çapraz tabloda incelendiğinde Tablo 16'daki değerler görülür.

Tablo 16. Dikkatsizlik & kaza anı çapraz tablo frekansları

	Bilinmiyor	0:00- 3:59	4:00- 6:59	7:00- 9:59	10:00- 12:00	12:45- 14:59	15:00- 17:59	18:00- 20:59	21:00- 23:59	Toplam
		Dikkatsizlik Yok	41	1	0	0	1	2	1	
Dikkatsizlik Var	19	4	2	18	37	19	21	12	6	138
Toplam	60	5	2	18	38	21	22	13	6	185

Kaza anı değişkeninde bilinmeyen kategorisi hariç diğer bütün kategorilerde dikkatsizliğin çoğunlukla var olduğu görülmektedir. Ayrıca saat dilimleri incelendiğinde öğle yemeğinden önceki 10:00-12:00 saat aralığında ve akşam yemeğinden önceki 15:00-17:59 saat aralığında diğer saat aralıklarına göre daha fazla kaza gerçekleşmiştir. Kaza anlarının son durum ile olan ilişkisi de göz önüne alındığında bu yüksek ilişkinin çalışanlarda açlıktan kaynaklanan açlık kan şekerinin düşmesi ya da açlığın tetiklediği başka bir sağlık sorunu nedeni ile kazaların meydana geldiği söylenebilir. Yapay sinir ağı modeli bilgi olarak kaza anından çok yararlandığı için dikkatsizlik oranı açıklayıcı değişken önem sıralamasında gerilerde kalmıştır.

Toplu koruyucu önlemlerin varlığından ziyade kişisel korucuyu önlemlerin varlığının kazazedenin son durumunu belirlemede daha önemli olduğu görülmektedir. Bu durum risk hiyerarşisi ile çelişmektedir. Fakat, bilirkişi örnek çalışmamızda 185 kazazedenin bilgileri incelendiğinde genel olarak kişisel ve toplu koruyucu önlemlerin olmadığı görülmektedir (Bkz. Tablo 4). Sadece bir kazada toplu korucuyu önlemlerin olduğu rapor edilmiş ve aynı kazada kişisel koruyucu önlemler yok diye işaretlenmiştir. Kişisel koruyucu önlemler değişkeninde ise sadece üç kazazedenin kişisel koruyucu önlemlerinin olduğu rapor edilmiştir. Böylesi bir durumda kişisel koruyucu önlemlerin varlığı, toplu koruyucu önlemlerin varlığına göre daha fazla bilgi içermektedir. Son durum ile toplu koruyucu önlemlerin varlığı değişkeni arasında 0,06, son durum ile kişisel koruyucu önlemlerin varlığı arasında 0,15'lik ilişki vardır. Bu durum risk hiyerarşisine uyulmama nedeni olarak gösterilebilir. Koruyucu önlemlerin her ikisi de açıklayıcı değişken önem sırasında gerilerde yer almaktadır. Fakat, genel de yok olarak raporlanan (Bkz. Tablo 4) bu iki değişkende önlemlerin var olması kazazedenin son durumu için bilgi taşımaktadır. Bu açıdan bakıldığında koruyucu önlemlerin var olduğu örneklerde kazazedenin son durumu için çok önemli olacağı söylenebilir.

Eğitim eksikliğinin gerilerde yer alması durumunu değerlendirecek olursak, eğitimin değişkeni ile son durum değişkeni ilişkisizdir (Bkz. Tablo 17).

Tablo 17. Ki-kare testi sonuçları

Pearson ki-kare	Sonuç
7,867 (0,05)	İlişki yoktur.

Sınıflandırma sonuçlarına (Bkz. Tablo 18) göre eğitim verisi genel doğruluk oranı %74,1 ve test verisi genel doğruluk oranı %78,3'tür. Eğitim verisini incelediğimizde modelin en iyi öğrendiği son durum, ölüm (%96,9) olarak görülmektedir. Sürekli iş göremezlik durumu, geçici iş göremezlik durumundan daha iyi öğrenilmiştir. Malül durumunun eğitim verisinde hiç öğrenilememesi 185 kazazedenen sadece 6 tanesinin malül olmasından kaynaklanmaktadır. Malül durumu için yeteri kadar veri olmadığı için YSA malül durumunu öğrenememektedir. Dolayısı ile test verisinde yer alan iki malül son durumuna sahip gözlemden biri sürekli iş göremezlik, bir diğeri ise ölüm olarak tahmin edildi. Bu hatalı durumun bir çözümü olarak veri seti ve gözlemler artırılabilir. Dolayısı ile malül son durumuna sahip daha fazla gözlem veri setinde yer alacaktır. Böylece malul durumu için YSA eğitilebilir ve doğru tahmin

edilebilir. İkinci bir çözüm olarak, her ne kadar SGK yönetmeliğinde çok farklı durumlar olsa da malül durumu ile sürekli iş göremezlik durumu birleştirilebilir. Böylece daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşılabilir.

Tablo 18. Sınıflandırma

Örneklem	Gözlemlenen	Tahmin edilen				Doğruluk oranı
		Sürekli İş Göremezlik	Ölüm	Malül	Geçici İş Göremezlik	
Eğitim	Sürekli İş Göremezlik	23	10	0	2	%65,7
	Ölüm	2	62	0	0	%96,9
	Malül	3	1	0	0	%0,0
	Geçici İş Göremezlik	6	11	0	15	%46,9
	Genel	%25,2	%62,2	%0,0	%12,6	%74,1
Test	Sürekli İş Göremezlik	4	0	0	0	%100,0
	Ölüm	4	28	0	1	%84,8
	Malül	1	1	0	0	%0,0
	Geçici İş Göremezlik	2	1	0	4	%57,1
	Genel	%23,9	%65,2	%0,0	%10,9	%78,3

Bağımlı Değişken: Son Durum

Sonuçlar

Dünyada iş kazası ve meslek hastalığı sonucu milyonlarca kişi hayatını kaybetmekte ya da çalışamaz hale gelmektedir. İş kazaları ve meslek hastalığı istatistikleri Türkiye özelinde daha kaygı vericidir. Netice olarak insanın can güvenirliliği ile alakalı olan bu durum sosyo-ekonomik olarak aileyi ve toplumu derinden etkilemektedir. Ekonomik olarak iş kazaları ve meslek hastalıklarının ülkemiz ekonomisine onlarca milyar TL maliyeti vardır. Ekonomilerin en temel problemlerinden olan işsizliğin yanında işgücü kaybı birlikteliği katlanarak büyüyen kartopu gibi ülke üretiminin gücünü kıran bir çıkış felaketine dönüşmektedir. Her meslek grubu veya sektörde meydana gelen iş kazalarına, inşaat sektöründe daha sık rastlanılmaktadır. Aslında birtakım önlemler ile çoğunluğu önlenemez olan bu kazalar genel olarak iş sağlığı ve güvenliği kültürünün tam oluşmadığı için kabul edilebilir sınırdan çok üzerindedir. İş kazalarının en önemli sonucu kazazedenin son durumudur. İnsani açıdan kazazedenin kaza sonucu ölmesi en hazine sondur. Bu durum en kötü senaryo, en acı sonuçtur. Diğer durumda ise neyse ki yaşıyor diye düşünülür. SGK yönetmeliğine göre kaza sonucu yaşayan kazazedeler sağlık durumlarına göre geçici iş göremez, sürekli iş göremez veya malul olarak sınıflandırılır. Bunlardan sürekli iş göremezlik ve malül sürekli, geçici iş göremezlik ise geçici iş gücü kaybı anlamına gelir. Kazazedenin eski sağlığına kavuşamamasının neden olduğu psikolojik sorunlar ve bu sorunların tetiklediği depresyon hali başta kazazedenin aileleri olmak üzere toplumun rehabilitasyonuna ihtiyaç duyar.

Çalışmamızda, Türkiye inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarında en önemli değişken olan kazazedelerin son durumlarına etki eden faktörler ÇKA ile tespit edildi. 185 kazazedenin incelendiği çalışmada bazı değişkenlere ait eksik verilerin olduğu gözlemlendi. Eksik verilere ait değişkenlerin ÇKA modelinden çıkarılması bilgi kaybına neden olacağı için kayıp verilerin yapısı incelendi ve rasgele olanlar belirlendi. Uygun yerine atama yöntemleri ile kayıp veriler tamamlandı. Kayıp

verilerin tamamlandığı veri setin de Yapay sinir ağlarından ÇKA modeli kuruldu. Bu modelde ara(gizli) katman aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant ve çıktı aktivasyon fonksiyonu olarak identity modeli en iyi performansa sahip model olarak elde edildi. Tek gizli katmanın olduğu bu modelde 11 nöron yer aldı. Bu modelden elde edilen sonuçlara göre, sorumlu şirket kusur oranının kazazedenin son durumunu belirlemede en önemli değişken olduğu bulundu. Bu durum işverene ait olan şirketlerin iş sağlığı ve güvenliği noktasında eksiklere ve kusurlara sahip olduğunun en önemli göstergesi olmuştur. Bu kusur oranının derecesinin artması ölümle sonuçlanan kazaların artması anlamına gelmektedir. Kaçınılmazlık oranını, sonu kazaya çıkan ve kişi ile şirketlerin kusur oranlarını azaltan bir oran olarak tarif edersek, çeşitli karar ve alternatiflerin kazayı engelleyemeyeceği görüşü ile hesaplanır. Bu oranın da kazazedenin son durumunu belirlemede önemli olduğu görülmektedir. Kazanın olduğu il ya da kazanın olduğu bölgenin önemli bir faktör olması coğrafi farklılıkların, nüfus yoğunluğunun etkisi ile açıklanabilir. Ayrıca illerdeki iş alanlarının kaza riski yüksek olan işler olması da etken olarak sayılabilir.

Ayrıca illerdeki eğitim ve denetleme eksikliği birlikte incelendiğinde kontenjan (olağanlık) katsayısı 0,67 olduğu için aralarında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Toktamış ve Türkan, 2017). Tablo 19’da görüldüğü gibi denetleme eksikliği yoksa eğitim eksikliği de yok, denetleme eksikliği varsa büyük oranda eğitim eksikliği var denebilir.

Tablo 19. Eğitim eksikliği * denetleme eksikliği çapraz tablo frekansları

	Denetleme Eksikliği Yok	Denetleme Eksikliği Var	Toplam
Eğitim Eksikliği Yok	41	7	48
Eğitim Eksikliği Var	0	137	137
Toplam	41	144	185
Pearson Ki-Kare	150,339 (0,000)	İlişki vardır.	

Eğitim faktörünün iş sağlığı ve güvenliği bilincini işverenden işçiye kadar sahadaki herkesin benimsemesi için hayati öneme sahip olduğu aşikâr. Ayrıca bu eğitimlerin amacına ulaşip ulaşmadığının denetlenmesi süreci tamamlayacaktır. Denetlemedeki görev kamuya düşmektedir. Tablo 18’de bu iki faktörün birbirinden ayıramayacağı ispatlanmıştır. Ayrıca, eğitim ve denetleme konusunda illerde heterojen bir yapı mevcuttur. Örneğin, Zonguldak ve diğer illerin tamamı karşılaştırıldığında eğitim konusunda çarpık bir tablo ile karşılaşmaktadır (bkz. Tablo 20).

Tablo 20. Eğitim eksikliği * kazanın olduğu il çapraz tablo frekansları

	Diğer İller	Zonguldak	Toplam
Eğitim Eksikliği Yok	8	40	48
Eğitim Eksikliği Var	131	6	137
Toplam	139	46	185

Kazazedenin görevi de yine kazazedenin son durumu için önemli bir faktör olarak elde edildi. Kaza anı değişkeninde eksik verilerin rasgele dağılmamasından dolayı yeniden atanamamış olmasına rağmen önemli bir faktör olarak elde edilmesi, kazazedenin sabah saatlerinde, işe ilk başladığında işe uyumunda meydana gelen eksiklik, yemekten önce açlıktan dolayı kazazede de meydana gelen dikkatsizlik veya ilerleyen saatlerde meydana gelen yorgunluktan doğan dikkatsizlik etkili olmuş olabilir.

Bütün bu bulgular ışığında insan sağlığının en önemli şey olduğu ve iş sağlığı ve güvenliğinin önemi çalışanların ve işverenlerin zihnine kazınmalıdır. Bu ise eğitim ile olur ve denetimle devamlılığı sağlanır. Burada kamuya düşen iş sağlığı ve güvenliği konusunda eğitimlerin adetini artırmak olmalıdır. Özellikle işçi, bekçi ve usta gibi eğitim seviyesi düşük çalışanlarda eğitim programları daha yoğun olmalıdır. Yine kaza anlarının açıklıkla ve yorgunlukla bağlantısı kurulduğu için çalışanların dinlenebilecekleri ve bir şeyler atıştırabilecekleri çay molaları programlanmalıdır. İnsanı merkeze alan bu yaklaşımların hâkim kılınması bazı devlet teşvikleri ile cazip hale getirilebilir. Burada her şeyi devletten beklemek doğru bir yaklaşım değildir. İşçi sorumluluklarını ve haklarını bilmeli, işveren üzerine düşen risk değerlendirme yükümlülüğünü tam olarak yerine getirmelidir. Devlet yetersiz olan müfettiş sayısını artırmalı ve denetimleri sıklaştırmalıdır. Böylece akademik ve mesleki eğitimler (genel ve özel) vermek ve gerekli araç ve teknolojileri geliştirilerek iş kazalarının önlenmesine katkıda bulunmak üniversite-sanayi-kamu güç birliği ile mümkün olacaktır.

Bu çalışmanın sınırlılığı, çalışmada kullanılan verilerin çok güncel olmamasıdır. Bundan sonraki çalışmada konu hakkında daha güncel veriler ile analiz yapıp genel bir sonuca varılabilir. Gelecekte gerçekleştirmesi düşünülen araştırmada, bu çalışmada kullanılan veri toplama araçları kullanılarak ülke genelindeki son 10 yılda yaşanan inşaat sektörü iş kazaları analiz edilerek bu çalışma ile kıyaslanması şeklinde yorumlanması amaçlanmaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

Aghazadeh E., Baytekin Ş., Bilir S., Genç K., Timurlenk İ., Yılmaz BS., Güranlı GE. Dünya da ve Türkiye de yapı makineleri üretimi ve makina tiplerine göre kullanım değerleri üzerine bir araştırma. 4. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 1-3 Kasım 2013, Konya.

Alpar R. Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemlere giriş 1. Ankara: Nobel Basımevi; 2003.

Baradan S., Akboğa Ö., Çetinkaya U., Usmen MA. Ege bölgesi inşaat sektöründe yüksekten düşme kazalarının istatistiksel incelemesi. 4. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu. 1-3

- Kasım 2013, sayfa no:139–48, Konya.
- Baradan S., Dikmen Ü., Müngen U., Aytekin O., Sönmez G. Türkiye’deki iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri mevzuatının inşaat sektörü açısından incelenmesi. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi 2011; 469(5): 6–14.
- Baradan S. Türkiye inşaat sektöründe iş güvenliğinin yeri ve gelişmiş ülkelerle kıyaslanması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi 2006; 8(1): 87-100.
- Bayata H., Hattatoğlu F. Yapay sinir ağları ve çok değişkenli istatistik yöntemlerle trafik kaza modellenmesi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2014; 3(2): 207-219.
- Bostancı Y. İş sağlığı ve güvenliğinde idari para cezaları ve itiraz usulü. 4. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu,. 1-3 Kasım 2013: sayfa no:57–82, Konya
- Ceylan H. Analysis of occupational accidents according to the sectors in Turkey. Gazi University Journal of Science 2012; 25(4): 909–918.
- Ceylan H. Türkiye’de inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının analizi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi 2014; 6(1): 1–6.
- Demir A., Öz A. Teolojik açıdan iş kazalarının incelenmesi. European Journal of Science and Technology 2018; 14: 189–197.
- Erdiş E., Temel CD., Gerek IH., Coşkun H. İnşaat işlerinde yüksekten düşmeyi etkileyen faktörler ve sonuçları,. 4. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu. 1-3 Kasım 2013, sayfa 161–71, Konya.
- Fausett LV. Fundamentals of neural networks : Architectures, algorithms, and applications. New Jersey: Prentice-Hall; 1994.
- Gaye B. Yeni düzenlemeler açısından inşaat işverenin iş sağlığı ve güvenliği yükümlülükleri. Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi 2011; 60(2): 227–253.
- Genç O., Erdiş E., Oral E. İnşaat firmalarının karşılaştıkları potansiyel risklerin proje başarısına etkisi. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering 2018; 23(1): 441–450.
- Güneş B. İş kazası ve meslek hastalıklarında Sosyal Güvenlik Kurumu’nun işverene rücu hakkı. Galatasaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 2011.
- Kabakçı M. Avrupa Birliği iş hukukunda işverenin iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili temel yükümlülükleri ve Türk mevzuatının uyumu. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul, Türkiye, 2009.
- Kalaycı Ş. SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri. Ankara: Asil Yayın Dağıtım; 2010.
- Karadeniz O. Dünya’da ve Türkiye’de iş kazaları ve meslek hastalıkları ve sosyal koruma yetersizliği. Çalışma ve Toplum 2012; 34(3): 15-75.
- Köse İA., Öztumur B. Kayıp veri ele alma yöntemlerinin *t*-testi ve ANOVA parametreleri üzerine etkisinin incelenmesi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi 2014; 14(1): 400–412.
- Liliana ST, Napitupulu TA. Artificial neural network application in gross domestic product forecasting: an indonesia case. 2010 Second International Conference on Advances in

- Computing, Control, and Telecommunication Technologies. IEEE, 2010: 89–93.
- Mecek H. Ceza muhakemesinde bilirkişilik. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya Türkiye, 2011.
- Mıstıkoğlu G., Erdis E., Genc O., Yıldız O. Çatı ve cephe kaplamalarında yüksekte düşmeyi etkileyen faktörlerin analizi. İzmir İnşaat Mühendisleri Odası 5. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 5-6 Kasım 2015, sayfa no: 157-166, İzmir.
- Mohammadfam, I., Soltanzadeh A., Moghimbeigi A., Savareh BA. Use of artificial neural networks (ANNs) for the analysis and modeling of factors that affect occupational injuries in large construction industries. *Electronic Physician* 2015; 7(7): 1515-1522.
- Onaran C. Makine imalat sektöründe meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıklarının mevcut mevzuatlar çerçevesinde değerlendirilmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Denizli, Türkiye, 2008.
- Öztemel E. Yapay sinir ağları. 3. Basım. İstanbul: Papatya yayıncılık; 2012.
- Soltanzadeh A., Mohammadfam I., Moghimbeigi A. P153 Predicting and determining factors of occupational accidents severity rate (ASR) using artificial neural networks (ANN); a case study in construction industry. *Occupational and Environmental Medicine* 2016; 73: 171-172.
- Söyler H., Kızılkaya O. Para krizlerinin yapay zeka yöntemleri ile tahmini: Türkiye örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi* 2018; 18: 649–666.
- Sözen Ş., İnce H., Dikici F., Dıraçoğlu D., İnce N. Maluliyet (meslekte çalışma gücü kayıplarının) hesaplanması. *Klinik Gelişim Dergisi* 2009; 22(19): 122–125.
- Şamiloğlu E. Türk sosyal güvenlik hukukunda iş kazası ve meslek hastalıkları sigortası. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya Türkiye, 2008.
- Tanır F. İş Sağlığı ve güvenliği kurulları eğitim rehberi., 2014.
- Tarman ZD. Bilirkişilik sözleşmesinin hukuki niteliği ve bilirkişinin üçüncü kişiye karşı olan sorumluluğu. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2005.
- Toktamış Ö, Türkan S. R programı ile temel istatistiksel yöntemler. Ankara: Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar;2017.
- Url-1: <https://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm>. (Erişim: 18.09.2020).
- Url-2: <http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/> (Erişim: 18.09.2020).
- Url-3: <https://www.hostingdergi.com.tr/yapay-zeka-ve-sinir-aglari/> (Erişim:18.09.2020)
- Usmen M., Baradan S. İnşaat sektöründe işçi sağlığı ve iş güvenliği alanındaki iyileştirmeleri etkileyen faktörler: ABD örneği. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi* 2011; 469(2011/5): 40–48.
- Ünal C. İş güvenliği iş kazaları ve risk analizinin yapı maliyetlerine etkisi. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Türkiye, 2017.
- Ünal MÖ., Aykaç B. Yapı işlerinde asansör kazaları ve güvenlik önlemleri. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 2010; 2(2): 13–19.