



A multinomial logit model based approach to find patterns among occupational accidents in Turkish manufacturing systems

Nazlı Gülüm Mutlu^{1*}, Sibel Selim², Serkan Altuntaş³

¹Occupational Health and Safety, Faculty of Health Sciences, Bingöl University, Bingöl, 12000, Türkiye

²Department of Econometrics, Faculty of Economic and Administrative Sciences, Manisa Celal Bayar University, Manisa, 45030, Türkiye

³Department of Industrial Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Yıldız Technical University, İstanbul, 34349, Türkiye

Highlights:

- The data-driven analysis of workplace accidents in manufacturing systems was conducted in this study
- A multinomial logistic regression model was developed for levels of disability (injury, limb loss, and fatality)
- Implications were presented to decision-makers for worker health and safety

Keywords:

- Manufacturing industry
- Occupational accidents
- Multinomial logit model
- Decision tree analysis
- Occupational safety and health

Article Info:

Research Article

Received: 17.06.2022

Accepted: 04.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1131524

Correspondence:

Author: Nazlı Gülüm Mutlu
e-mail:
ngmutlu@bingol.edu.tr
phone: +90 426 212 0012 /
1764

Graphical/Tabular Abstract

Turkish manufacturing industry is in the top three in terms of occupational accident frequency among sectors. Therefore, there is a need to determine accident cause-effect relationships in order to improve occupational safety and minimize the risks that cause occupational accidents in the manufacturing industry. An integrated data driven approach is proposed to find patterns among occupational accidents in Turkish manufacturing systems. In this study, 307,590 occupational accidents in the Turkish manufacturing industry between 2013 and 2019 are used. Figure A illustrates information and data flow among the proposed approach.

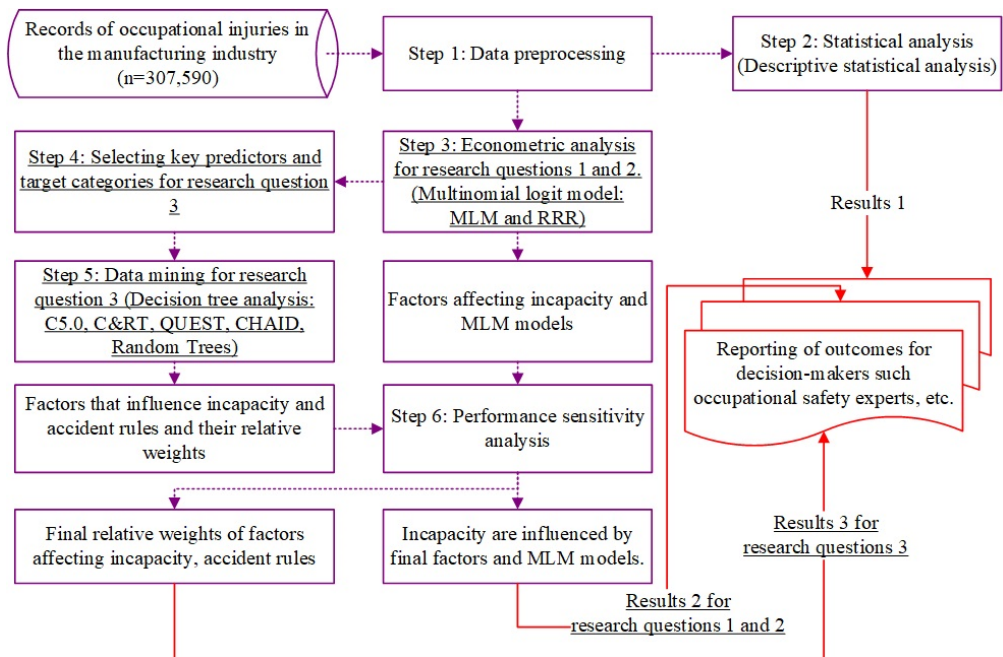


Figure A. Research design for this study

Purpose: The aim of this study is to propose an integrated data driven approach to find patterns among occupational accidents in Turkish manufacturing systems.

Theory and Methods: The proposed approach uses multinomial logit model and decision tree algorithms, namely C5.0, Classification and Regression Trees (C&RT), The quaternion estimation (QUEST), Chi-square automatic interaction detector (CHAID) and Random Trees.

Results: There is a statistically significant relationship among division, geographical location of the accident, year, deviation, hour day, gender and age for all accidents with injury, death and loss of limb according to the absence of disability. Additionally, division, geographical location of the accident and year are among the top five predictors based on decision tree algorithms.

Conclusion: The findings obtained in this study are information that will support the decision-making of employers, occupational safety specialists and insurance companies responsible for occupational health and safety at workplaces.



Türk imalat sistemlerinde iş kazalarındaki örüntülerin çok durumlu logit model'e dayalı bir yaklaşımla belirlenmesi

Nazlı Gülüm Mutlu^{1*}, Sibel Selim², Serkan Altuntaş³

¹İş Sağlığı ve Güvenliği, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Bingöl Üniversitesi, Bingöl, 12000, Türkiye

²Ekonometri Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 45030, Türkiye

³Endüstri Mühendisliği Bölümü, Makine Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 34349, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Bu çalışmada, imalat sistemlerinde yaşanan iş kazalarının veri odaklı analizi yapıldı
- İş göremezlik seviyeleri (yarananma, uzuv kaybı ve ölüm) için çok durumlu logit model geliştirildi
- İşçi sağlığı ve güvenliği için karar vericilere bulgular sunuldu

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 17.06.2022

Kabul: 04.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1131524

Anahtar Kelimeler:

İmalat sanayi,
iş kazaları,
çok durumlu logit model,
karar ağacı analizi,
iş sağlığı ve güvenliği

ÖZ

Türk imalat sanayi sektörleri arasında iş kazası sıklığı açısından ilk üç içinde yer almaktadır. Bu nedenle imalat sanayinde iş güvenliğinin artırılması ve iş kazalarına neden olan risklerin en aza indirilmesi için kaza neden-sonuç ilişkilerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Türk imalat sistemlerindeki iş kazaları arasındaki örüntüleri bulmak için entegre bir veri odaklı yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşım, C5.0, Sınıflandırma ve regresyon ağaçları (C&RT), Kuaterniyon tahmini (QUEST), Ki-kare otomatik etkileşim dedektörü (CHAID) ve Rastgele ağaçlar (Random Forest) olmak üzere karar ağacı algoritmalarını ve çok durumlu logit modeli kullanmaktadır. Bu çalışmada 2013-2019 yılları arasında Türk imalat sanayinde meydana gelen 307.590 iş kazası kullanılmıştır. Yarananma, ölüm ve uzuv kaybı olan tüm kazalar ile sektör bölümü, kazanın yaşandığı coğrafi bölge, yıl, sapma, saat gün, cinsiyet ve yaş arasında iş göremezlik durumuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu ortaya konmuştur. Ek olarak, sektör bölümü, kazanın yaşandığı coğrafi bölge ve yıl, karar ağacı algoritmalarına dayalı ilk beş tahmin edici arasında bulunmuştur.

A multinomial logit model based approach to find patterns among occupational accidents in Turkish manufacturing systems

H I G H L I G H T S

- The data-driven analysis of workplace accidents in manufacturing systems was conducted in this study
- A multinomial logistic regression model was developed for levels of disability (injury, limb loss, and fatality)
- Implications were presented to decision-makers for worker health and safety

Article Info

Research Article

Received: 17.06.2022

Accepted: 04.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1131524

Keywords:

Manufacturing industry,
occupational accidents,
multinomial logit model,
decision tree analysis,
occupational safety and
health

ABSTRACT

Turkish manufacturing industry is in the top three in terms of occupational accident frequency among sectors. Therefore, there is a need to determine accident cause-effect relationships in order to improve occupational safety and minimize the risks that cause occupational accidents in the manufacturing industry. An integrated data driven approach is proposed to find patterns among occupational accidents in Turkish manufacturing systems. The proposed approach uses multinomial logit model (MLM) and decision tree algorithms, namely C5.0, Classification and Regression Trees (C&RT), The quaternion estimation (QUEST), Chi-square automatic interaction detector (CHAID) ve Random Trees. In this study, 307,590 occupational accidents in the Turkish manufacturing industry between 2013 and 2019 are used. It is found that there is a statistically significant relationship among division, geographical location of the accident, year, deviation, hour day, gender and age for all accidents with injury, death and loss of limb according to the absence of disability. Additionally, division, geographical location of the accident and year are among the top five predictors based on decision tree algorithms.

1. Giriş (Introduction)

Ekonomik faaliyetlerinin Avrupa sınıflandırmasına göre imalat sanayi C bölümündeki, 13 alt bölümde faaliyet gösteren 24 ekonomik faaliyeti kapsamaktadır [1]. Türk imalat sanayi ülke ekonomisinin büyümesine, uluslararası ticaret hacminin gelişmesine ve toplam faktör verimliliğine olumlu katkıları bakımından son derece önemli bir konuma sahiptir. Dördüncü endüstri devrimi ile birlikte işyerlerinde makineleşmenin artmasına neden olan teknolojik gelişmelere aşırı güvenmek, çalışanların sağlık ve güvenlikleri üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratmıştır [2]. Makinelere kaynaklanan mevcut tehlikeler nedeniyle ortaya çıkacak risklerin şiddetlenmesinden, bilinmeyen sağlık ve güvenlik etkileri olan yeni tehlikelere dönüşmesinden endişe edilmektedir [3]. Türkiye’de yaşanan kazaların yaklaşık olarak yarısı imalat sanayi’nde gerçekleşmektedir (Şekil 1).

İş kazaları Türkiye’de çalışma refahını olumsuz yönde etkileyen ve öncelikli olarak çözülmesi gereken önemli bir problemdir. Son dönemlerde, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine de hizmet eden, insana yakışır çalışma koşullarını sağlamaya yönelik araştırmaların önemi giderek artmıştır [2, 12, 13]. İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları, insana yakışır işin önemli bir bileşenidir [2, 14]. İş kazaları probleminin çözülebilmesi için problemin modellenmesine ihtiyaç vardır. İş kazalarının analiz edilmesi ile kazaların temel nedenlerinin, kaza olayının temel girdileri ve çıktıları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi etkili güvenlik yönetim sistemini geliştirmek için kaçınılmazdır [15-17]. Bu kapsamda, kazaların yapısını anlamak, neden-sonuç ilişkilerini belirlemek önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir [15, 18]. İmalat sanayi için risklerin yönetimi, işletme performansı için son derece önemlidir [19]. Başarılı kuruluşların en önde gelen hedeflerinden birisi güvenliği sürekli geliştirmektir [20].

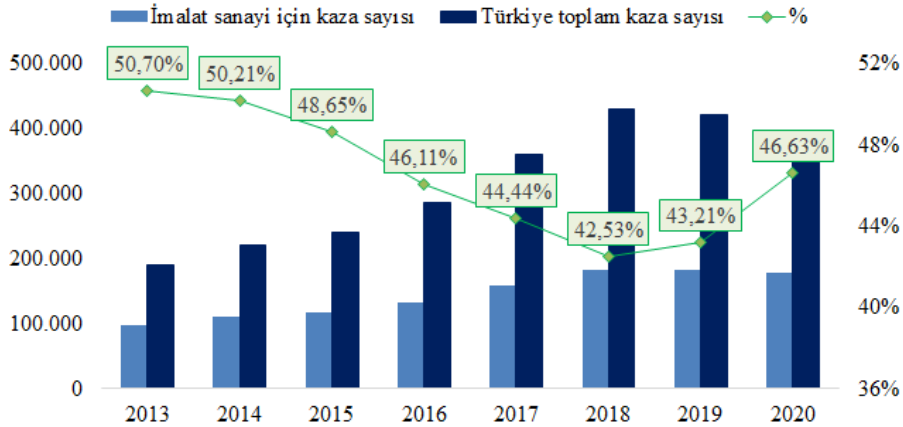
Kazaların analiz edilmesinde, neden-sonuç ilişkilerinin belirlenmesinde klasik istatistiksel yöntemlerin yanında veri madenciliği algoritmalarının avantajlarından yararlanan çalışmalar bulunmaktadır. Kaza neden-sonuç ilişkilerinin belirlenmesinde, çok durumlu logit model (multinomial logit model: MLM) ön plana çıkmaktadır. Özellikle, trafik kazalarının analizinde insan faktörü ile ilişkili olan ve olmayan faktörler ile yaralanma şiddeti arasındaki ilişkileri belirlemek için yürütülen çok sayıda çalışma vardır [21-24].

Literatürde, imalat sanayi kapsamında yaşanan iş kazalarının analiz edilmesinde az sayıda sektör ve kaza değişkeni dikkate alınmıştır [25-27]. Bu nedenle, iş kazalarına neden olan faktörler ile ilgili büyük ölçekli bilginin varlığına duyulan ihtiyaca cevap oldukça sınırlı düzeydedir. Bununla birlikte, iş kazaları için neden-sonuç ilişkilerinin belirlenmesinde MLM’in avantajından yararlanan çalışma sayısında

son derece azdır. Demir-çelik endüstrisinde yaşanan kazalar [26] ve petrokimya endüstrisinde yaşanan yangın-patlama-sızıntı kazaların analiz edilmesinde MLM kullanılmıştır [28]. MLM’in avantajı; farklı ölçüm ile ölçeklendirilmiş çok sayıda kategorik değişkeni ele alabilme yeteneğidir [29]. Bununla birlikte, MLM metodu sırasız kategorik bağımlı değişkenlere sahip problemleri modellemek için uygun bir yöntemdir [30]. İmalat sanayi’nde kazaların analiz edilmesi son derece kıymetlidir. Bunun nedenleri aşağıda belirtilmiştir.

- Türkiye’de toplam 99 sektörden sadece 24’ünü kapsayan imalat sanayi’nde yaşanan kazalar toplam kazaların yaklaşık yarısını oluşturmaktadır (Şekil 1).
- T.C. Sosyal Güvenlik Kurumunun 2013-2020 yıllarındaki iş yeri ve sigortalılara ait istatistiklerine göre toplam zorunlu sigortalıların yaklaşık % 26,27’sini imalat sanayi bünyesinde ve her geçen yıl bu sayı artmaktadır [4-11].
- İmalat sanayi’ndeki kayıtlı sigortalıların yaklaşık % 4’ü iş kazasına maruz kalmaktadır [4-11].
- İş kazalarının doğrudan maliyetleri arasında; sigortalı ya da yakınlarına verilen iş göremezlik ödenekleri, T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından yapılan tıbbi masraflar, iş göremezlik ödemeleri vb. varsa kuruluş tarafından yapılan diğer ödemeler ve mahkeme masrafları iken kazaların dolaylı maliyetleri arasında, kazazedenin istirahat için geçirdiği sürenin maliyeti, diğer çalışanların kazazedeyle üzülmeye, yardımda bulunma ve diğer nedenlerden dolayı işi bırakmalarının maliyetleri, nezaretçi-şef veya diğer yöneticilerin kazazedeyle yardım vb. isteği nedeniyle işi bırakma maliyeti, sağlık ekiplerinin kaza nedeniyle harcadıkları zamanın maliyeti, makine ve ekipmanda meydana gelen hasarın maliyeti, kaza yerini kaza öncesi duruma getirme maliyeti, üretim aksamalarının maliyeti, kazazedenin işe geri döndüğünde eski performansından daha düşük performansla çalışmasının maliyeti ifade edilebilir [31].
- Literatürde, iş kazaları probleminin çözülebilmesi için problemin modellenmesi sürecinde, kaza neden-sonuç ilişkilerinin incelenmesine büyük önem verilmiştir. Söz konusu perspektifte, çeşitli sektörlerde yaşanan iş kazaları analiz edilmiş ancak imalat sanayi için yeterli çalışma yürütülmemiştir.

Yukarıda ifade edilen beş ana gerekçeye göre, imalat sanayi’ndeki iş kaza problemlerinin üstesinden gelebilmek için daha fazla veri ve daha etkili yöntemler ile araştırmaların tasarlanması gerekmektedir. Bu ihtiyacı karşılamak üzere bu çalışmada, literatürde daha önce ele alınmamış olan Türk imalat sanayi’nde 2013-2019 yılları arasında yaşanmış 307.590 iş kaza kaydı, kaza neden-sonuç ilişkilerini modellemek için MLM ve kaza karar kuralları elde etmek için karar ağacı algoritmaları ile analiz edilmiştir.



Şekil 1. Türkiye’de yıllara göre imalat sanayi ve Türkiye toplam kaza sayıları, imalat sanayi’nin toplam kazalar içindeki oranı [4-11] (Manufacturing industry in Turkey by year, total number of accidents in Turkey, manufacturing industry to total accidents ratio in Turkey)

2. Veri ve Analiz Yöntemi (Data and Analysis Method)

Çalışmada kullanılan veri, zorunlu sigortalıları kapsayan iş kaza kayıtları olup 2020 yılı Şubat ayında T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu'ndan temin edilmiştir. Bu çalışmada, Türk imalat sanayi'nde 2013-2019 yıllarında yaşanan iş kazaları hem ekonometrik analiz yaklaşımı hem de veri madenciliği tekniklerinin avantajlarından yararlanılarak analiz edilmiştir. Analiz edilen iş kaza değişkenleri: sektör bölümü, coğrafi bölge, işyeri statüsü, haftanın günü, yer-bölüm, kaza yılı, çalışma süreci, gün içerisindeki çalışma saati, mevsim, kaza tipi, çalışma ortamı, sapma, eğitim seviyesi, medeni durum, meslek grubu, yaş, iş tecrübesi, iş güvenliği eğitimi alma durumu, cinsiyet değişkenleri Şekil 2'de üç kategori altında ifade edilmiştir.

Yapılan analizler ile imalat sanayi'nde iş güvenliğini geliştirme kararını etkileyen faktörlerin belirlenmesine odaklanılmıştır. İş kazalarını etkileyen faktörler MLM ve karar ağacı algoritmaları ile modellenmiştir.

- İlk olarak, iş kazalarının neden-sonuç ilişkileri, iş göremezliğin olmadığı, yaralanmalı, uzuv kayıplı, ölümlü kaza geçiren gruplara ait olma olasılıkları ile her bir sonucun olasılığını artıran ve azaltan faktörleri belirlemek için çok durumlu logit modelden faydalanılmış ve göreceli risk oranları (Relative Risk Ration: RRR) elde edilmiştir.
- İkinci aşamada ise kaza sonuç türlerinden biri olan iş göremezlik düzeyleri, ILI_1 : işgöremezlik yok, ILI_2 : yaralanma, ILI_3 : uzuv kaybı ve ILI_4 : ölüm kazalar için karar kuralları elde etmek amacıyla sınıflandırma algoritmalarından yararlanılmıştır. Elde edilen bilgilerin, kuruluşlarda benzer kazaları önlemeye, henüz ortaya çıkmamış kazalar için kaza önleme tedbirlerinin denetlenmesi sağlanarak kuruluşun proaktif olmasını desteklemesi beklenmektedir.

Literatürde çeşitli sektörler için iş kaza analizi yapılmış olmasına rağmen imalat sanayi özelinde yürütülen çalışma ve ortaya konulan bilgi son derece sınırlıdır. Bu çalışmada, Türkiye'de 2013 ile 2019 yılları arasında imalat sanayi'nde yaşanmış ILI_1 : işgöremezlik yok,

ILI_2 : yaralanma, ILI_3 : uzuv kaybı ve ILI_4 : ölüm ile sonuçlanmış toplam 307.590 iş kazası kaydı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak verilerin tamamı kategorik olup, dikkate alınan kaza değişkenleri ve analiz yöntemleri bakımından çalışma özgün niteliktedir (Şekil 2 ve Tablo 1- Tablo 4). Çalışmada, başlıca üç sorunun cevabı aranmaktadır:

Araştırma sorusu 1: İmalat sanayi'nde iş göremezlik düzeyleri olan işgöremezlik yok (ILI_1) durumuna göre yaralanma (ILI_2), uzuv kaybı (ILI_3) ve ölüm (ILI_4) ile kuruluş bilgileri, kaza bilgileri ve kazazede bilgileri altında tanımlanan toplam 18 değişken arasında nasıl bir ilişki vardır?

Araştırma sorusu 2: Hangi değişkenler, iş göremezlik olmamasına göre diğer işgöremezlik düzeylerinin ortaya çıkma olasılığını artırmaktadır?

- *Kazanın yaşandığı kuruluş ile ilgili hipotezler;*

Hipotez1: "Kazanın yaşandığı kuruluşun mahiyetinin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur."

Hipotez2: "Kazanın yaşandığı kuruluşun sektör-bölümünün iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur."

Hipotez3: "Kazanın yaşandığı kuruluşun bulunduğu coğrafi bölgenin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur."

- *Kaza bilgileri bakımından oluşturulan hipotezler;*

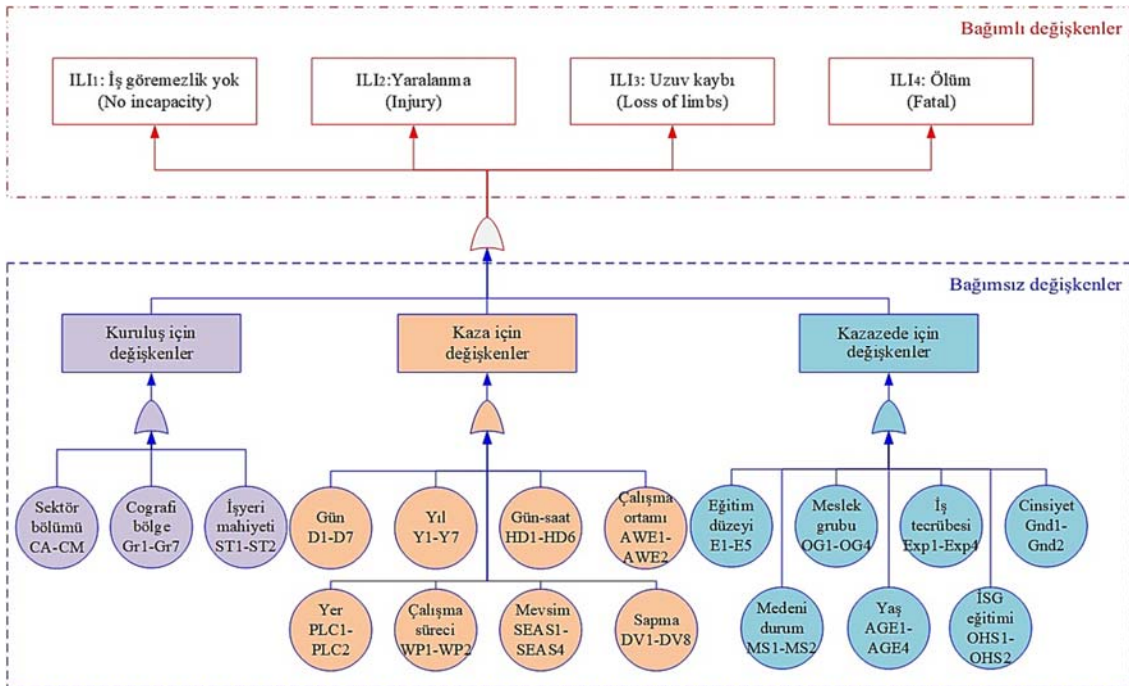
Hipotez4: "Kaza yılının iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur."

Hipotez5: "Kazanın gün içerisinde gerçekleştiği zaman diliminin (gün-saat) iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur."

Hipotez 6: "Kazanın gün içerisinde gerçekleştiği yerin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur."

Hipotez 7: "Kazanın gerçekleştiği ortamın iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur."

Hipotez 8: "Kaza sebebinin (sapma olay) iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur."



Şekil 2. Araştırmada dikkate alınan bağımlı ve bağımsız değişkenler için kategoriler
(The categories for dependent and independent variables in models)

Tablo 1. Sigortalı yaralanma düzeyinin modellenmesinde dikkate alınan bağımsız değişkenler ve açıklamaları
(Descriptions and dependent variables in models for injury level of the insured)

Bağımsız değişken	Açıklaması
Kuruluş için değişkenler	Bölüm C (Alt bölüm CA-CM): ilk olarak yüksek seviyeli toplama yapıldığında ISIC/NACE 10 veya 11 kategoride toplanmaktadır. Bunun yanında, ara toplama adı verilen ikinci toplama yönteminde ise kümeleme yapıldığında bölümler 38 kategoriden oluşmaktadır [1].
	CA: Gıda ürünleri, içecekler ve tütün ürünleri imalatı
	CB: Tekstil, konfeksiyon, deri ve ilgili ürünlerin imalatı
	CC: Ahşap ve kağıt ürünleri imalatı ve baskı
	CD: Kok ve rafine petrol ürünleri imalatı
	CE: Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı
	CF: İlaç, tıbbi kimyasal ve botanik ürünlerin imalatı
	CG: Kauçuk ve plastik ürünlerin ve diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı
	CH: Makine ve teçhizat hariç, temel metallerin ve fabrikasyon metal ürünlerin imalatı
	CI: Bilgisayar, elektronik ve optik ürünlerin imalatı
	CJ: Elektrikli ekipman imalatı
	CK: Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı
	CL: Taşıma ekipmanlarının imalatı
	*CM: Diğer makine ve teçhizat imalatı, tamiri ve montajı
Cografî bölge (Geographical region, Gr): kazanın yaşandığı coğrafî bölge	
İşyeri statüsü (Workplace statuses, ST): kazanın yaşandığı işyerinin mahiyeti	
Kaza bilgileri kapsamındaki değişkenler	Gün (Day, D): Haftanın günü
	Yer (Place, PLC): Kazanın yaşandığı yer
	Yıl (Year, Y): Kazanın yaşandığı yıl
	Çalışma süreci (Working process, WP): Kaza esnasında, kazazede tarafından yürütülen ana faaliyet/görev
	Gün saat (Hour day, HD): Kazanın yaşandığı gün içerisindeki saat dilimi
	Çalışma ortamı (Working Environment, AWE): Kaza esnasındaki çalışma ortamı
	Mevsim (Season): Kazanın yaşandığı mevsim
	Sapma (Deviation, DV): Normalden farklı olan ve kazaya yol açan son olay.
	*DV ₁ : Bilgi yok
	DV ₂ : Elektrik kaynaklı problemler, patlama ve yangın-belirtilmemiş sapma olayı
	DV ₃ : Taşma, devrilme, sızıntı, aşırı akış, buharlaşma, emisyon nedeniyle sapma – belirtilmemiş
	DV ₄ : Malzeme Ajanının kırılması, patlaması, yarılmaması, kayması, düşmesi, çökmesi - belirtilmemiş
	DV ₅ : Makinenin, taşıma veya elleçleme ekipmanının, el aletinin, nesnenin, hayvanın kontrolünün (tamamen veya kısmen) kaybı - belirtilmemiş
	DV ₆ : Kayma - tökezleme ve düşme - kişilerin düşmesi - belirtilmemiş
DV ₇ : Herhangi bir fiziksel stres olmaksızın vücut hareketi (genellikle harici bir yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş	
DV ₈ : Fiziksel stres altında veya fiziksel stresle birlikte vücut hareketi (genellikle bir iş yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş	
DV ₉ : Şok, korku, şiddet, saldırganlık, tehdit, bulunma - belirtilmemiş	
Kazazede için değişkenler	Eğitim (Educational level, E): Kazazedenin eğitim düzeyi
	İş tecrübesi (Work Experience, Exp): En son ki iş tecrübesi (yıl)
	Medeni durum (Marital status, MS): Kazazedenin medeni durumu
	Cinsiyet (Gender, Gnd): Kazazedenin cinsiyeti
	Yaş (AGE): Kazazedenin yaşı
	İSG eğitimi (OHS Training, OHS): İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma durumu
	Meslek (Occupations Group, OG): Uluslararası standart meslek sınıflandırmasına göre kazazedenin mesleği

Hipotez 9: “Kazanın gerçekleştiği günün iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

Hipotez 10: “Kazanın gerçekleştiği mevsimin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

Hipotez 11: “Kaza esnasındaki iş sürecinin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

• *Kazazedenin demografik özellikleri ile ilgili hipotezler;*

Hipotez 12: “Kazazedenin tecrübesinin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

Hipotez 13: “Kazazedenin mesleğinin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

Hipotez 14: “Kazazedenin yaşının iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

Hipotez 15: “Kazazedenin cinsiyetinin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

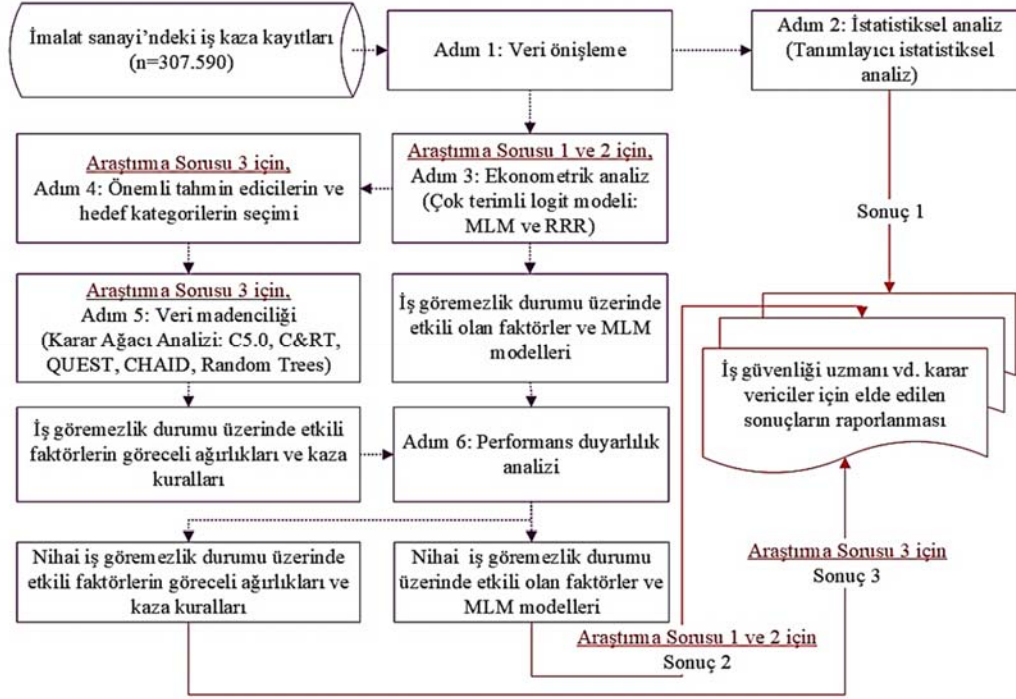
Hipotez 16: “Kazazedenin medeni durumunun iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

Hipotez 17: “Kazazedenin eğitim düzeyinin iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

Hipotez 18: “Kazazedenin iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma durumunun iş göremezlik durumu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.”

Araştırma sorusu 3: Kazaları önlemeye yönelik öncelikle dikkate alınması gereken, kuruluş, kaza ve kazazede kapsamındaki tehlikeli durum ve koşullar ile sapma olayı gibi kazanın doğrudan nedenlerini içeren kaza karar kuralları nelerdir?

Soru 3'ün cevabını elde etmeye yönelik veri madenciliği algoritmalarından karar ağacı analizi yapılmıştır. Bu çalışma, imalat sanayi'ndeki iş kaza problemi çözümlerine karar vermeye yardımcı bilgiler elde etmek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada izlenecek iş akışı 6 adımdan oluşmakta olup Şekil 3'de sunulmuştur. Şekil 3'te gösterildiği gibi Adım 1'de veri önleme süreci yürütülerek veri temizleme, veri dönüştürme ile iş kaza kayıtları analiz etmeye hazır hale getirilmiştir. Adım 2'de iş kaza kayıtlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler göreceli frekans ve % olarak ifade edilmiştir (Tablo 2-Tablo 4). Bu çalışmada ifade edilen Soru 1 ve Soru 3'e cevap elde edebilmek amacıyla Adım 3'de STATA 16 programı aracılığıyla ekonometrik analiz yöntemlerinden MLM tahmin edilmiş ve kaza sonuç değişkeni üzerinde etkili olan faktörler belirlenip göreceli risk oranları (RRR) elde edilmiştir.



Şekil 3. Araştırmanın tasarımı (Research design)

Adım 4'te ise Adım 3'te kazazedenin iş göremezlik durumu ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkiye sahip kaza değişkenleri ve kaza sonuç değişkeni olan hedef kategoriler seçilmiştir. Araştırmadaki Soru 3'e cevap elde edebilmek için Adım 4 ve Adım 5'te seçilen kaza neden ve sonuç değişkenleri göz önünde bulundurularak SPSS Modeler 18.2 software aracı kullanılarak karar ağacı analizi ile kaza sonuç değişkenlerinden biri olan iş göremezlik düzeyleri üzerinde etkili olan kaza sebep değişkenlerinin göreceli ağırlıkları belirlenmiş ve kaza karar kuralları elde edilmiştir. Adım 6' da Adım 3'te elde edilen modelin doğrulanması ve Adım 5'te elde edilen en iyi modeli belirlemek için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Sırasıyla modelleme girişiminde dikkate alınan bağımlı ve bağımsız değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerden sonuç 1 (Adım 1 ve 2), araştırma sorusu 1 ve 2 kapsamında yapılan analizlerden sonuç 2 (Adım 3 ve 6), araştırma sorusu 3 için gerçekleştirilen analizlerden ise sonuç 3 (Adım 4, 5 ve 6) elde edilmiştir. Bu sayede, iş güvenliğini geliştirme kararını etkileyecek faktörler, söz konusu faktörlerin iş göremezlik düzeyleri üzerindeki etki ağırlıkları, faktörlerin her bir iş göremezlik düzeyinin gerçekleşme olasılığını artırma durumları ve kaza risklerini kontrol altına almaya yarayacak stratejilerin geliştirilmesine yarayacak kaza karar kurallarına ilişkin bilgiler ortaya konulmuştur.

3. Analiz Sonuçları (Results of Analysis)

3.1. Tanımlayıcı İstatistiksel Analiz Sonuçları (Results of Descriptive Statistical Analysis)

İmalat sanayi kapsamında yaşanan kazaların tanımlayıcı istatistikleri "kuruluş" bakımından Tablo 2'de, kaza bilgileri bakımından Tablo 3'te, kazazede bakımından Tablo 4'te verilmiştir. Kazaların büyük bir çoğunluğu CH: makine ve teçhizat hariç, temel metallerin ve fabrikasyon metal ürünlerin imalatı faaliyeti yürütülen işletmelerde yaşanmıştır (n= 82.452, % 26,81). İşletme "tehlikeli" sınıfta yer almaktadır [32]. Kazaların yaklaşık yarısı Marmara bölgesinde gerçekleşmiştir (n= 150.799, % 49,03). Kazaların büyük bir

çoğunluğu yaralanma ile sonuçlanırken (n= 186.166, % 60,52) onu, işgöremezliğin olmaması takip etmektedir (n= 119.702, % 38,92). Ayrıca kazaların neredeyse tamamı özel sektörde yaşanmıştır (n= 302.681, % 98,40).

İmalat sanayi'nde yaşanan kazalar için en sık görülen kaza başlatıcı olay veya sapma olay DV5: makinenin, taşıma veya elleçleme ekipmanının, el aletinin, nesnenin, hayvanın kontrolünün (tamamen veya kısmen) kaybı - belirtilmemiş olmuştur (n= 114.686, % 37,29) ve bunu ikinci sırada, DV7: herhangi bir fiziksel stres olmaksızın vücut hareketi (genellikle harici bir yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş takip etmektedir (n= 59.866, % 19,46). Kazaların büyük bir bölümü, Perşembe ve Cuma günü yaşanmıştır (n= 106.178, % 34,52). Kazaların önemli bir bölümü öğleden önce HD3: 08:00-11:59'de gerçekleşmiştir (n= 99.923, % 32,49).

Kazazedelerin büyük bir bölümü E2: ilkokul mezunu eğitim seviyesine sahip (n= 112.455, % 36,56) iken ikinci sırada E4: lise, meslek lisesi mezunu (n= 109.185, % 35,50) çalışanlar en çok kazaya maruz kalan grup olmuştur. Kazazedelerin önemli bir bölümü OG2: tesis ve makine operatörleri ve montajcıları meslek grubundandı (n= 132.290, % 43,01) ve onu ikinci sırada OG3: nitelik gerektirmeyen meslek (n= 107.242, % 34,87) takip etmektedir. İş tecrübesi bakımından diğerlerinden daha az tecrübeli olan EXP1: [0, 4) yıl olan çalışanların kaza sıklığı daha fazlaydı (n= 239.584, % 77,89). Kazazedelerin önemli bir bölümü erkek (n= 270.336, % 87,89), evli (n= 201.868, % 65,63), AGE2: 25-34 yaş grubu çalışanlardır (n= 117.798, % 38,30).

3.2. Çok Durumlu Logit Model Sonuçları (Results of Multinomial Logit Model)

Bu çalışmada, 2013-2019 yılları arasında Türk imalat sanayi'nde yaşanan 307.590 iş kazasının iş göremezlik düzeylerini (yaralanmalı, uzuv kayıplı ve ölüm) ayırt etmek amacıyla farklı kaza faktörleri ile olan ilişkisi MLM ile belirlenmiştir. Tablo 5, model tahmin sonuçlarını göstermektedir. Modellerin katsayılarının

Tablo 2. Bağımlı değişken ile kuruluş için bağımsız değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri
(Descriptive statistics of dependent and independent variables with respect to organization)

İşgöremezlik seviyesi (ILI)	Vaka sayısı	%	Cografî bölge (Gr)	Vaka sayısı	%
*ILI ₁ : İşgöremezlik yok	119.702	38,92	*Gr ₁ : Marmara bölgesi	150.799	49,03
ILI ₂ : Yaralanma	186.166	60,52	Gr ₂ : Ege bölgesi	63.996	20,81
ILI ₃ : Uzuv kaybı	1.371	0,45	Gr ₃ : Akdeniz bölgesi	15.946	5,18
ILI ₄ : Ölüm	351	0,11	Gr ₄ : İç Anadolu bölgesi	48.743	15,85
İşyeri mahiyeti (ST)	Vaka sayısı	%	Gr ₅ : Karadeniz bölgesi	Vaka sayısı	%
ST ₁ : Özel	302.681	98,40	Gr ₆ : Doğu Anadolu bölgesi	1.958	0,64
*ST ₂ : Kamu	4.909	1,60	Gr ₇ : Güneydoğu Anadolu bölgesi	7.747	2,51
Bölüm	Vaka sayısı	%	Bölüm	Vaka sayısı	%
CA	26.802	8,71	CH	82.452	26,81
CB	42.036	13,67	CI	2.412	0,78
CC	13.826	4,49	CJ	17.352	5,64
CD	350	0,11	CK	18.908	6,15
CE	4.936	1,60	CL	33.838	11,00
CF	741	0,24	*CM	19.355	6,29
CG	44.582	14,49			

*temel kategori

Tablo 3. Kaza bilgileri ile ilgili bağımsız değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri
(Descriptive statistics of independent variables with respect to accident information)

Çalışma süreci (WP)	Vaka sayısı	%		Vaka sayısı	%
WP ₁ : Üretim, imalat, işleme, depolama - belirtilmemiş	285.946	92,96			
*WP ₂ : Diğer	21.644	7,04			
Mevsim (SEAS)	Vaka sayısı	%		Vaka sayısı	%
*SEAS ₁ : Mart, Nisan, Mayıs	76.502	24,87			
SEAS ₂ : Haziran, Temmuz, Ağustos	79.792	25,94			
SEAS ₃ : Eylül, Ekim, Kasım	80.783	26,26			
SEAS ₄ : Aralık, Ocak, Şubat	70.513	22,92			
Sapma (DV)	Vaka sayısı	%	Sapma (DV)	Vaka sayısı	%
*DV ₁	2.446	0,80	DV ₆	34.229	11,13
DV ₂	3.110	1,01	DV ₇	59.866	19,46
DV ₃	16.952	5,51	DV ₈	26.469	8,61
DV ₄	49.080	15,96	DV ₉	752	0,24
DV ₅	114.686	37,29			
Gün saat (HD)	Vaka sayısı	%	Gün saat (HD)	Vaka sayısı	%
HD ₁ : 00:00-03:59	24.480	7,96	HD ₄ : 12:00-15:59	79.805	25,95
HD ₂ : 04:00-07:59	21.506	6,99	HD ₅ : 18:00-19:59	54.290	17,65
HD ₃ : 08:00-11:59	99.923	32,49	*HD ₆ : 20:00-23:59	27.586	8,97
Yıl (Y)	Vaka sayısı	%	Gün (D)	Vaka sayısı	%
*Y ₁ : 2013	29.609	9,63	D ₁ : Pazartesi	13.262	4,31
Y ₂ : 2014	33.787	10,98	D ₂ : Salı	51.686	16,80
Y ₃ : 2015	37.280	12,12	D ₃ : Çarşamba	52.627	17,11
Y ₄ : 2016	41.079	13,36	D ₄ : Perşembe	53.321	17,34
Y ₅ : 2017	49.750	16,17	D ₅ : Cuma	52.857	17,18
Y ₆ : 2018	58.654	19,07	D ₆ : Cumartesi	49.757	16,18
Y ₇ : 2019	57.431	18,67	*D ₇ : Pazar	34.080	11,08
Place (PLC)	Vaka sayısı	%	Çalışma ortamı (AWE)	Vaka sayısı	%
PLC ₁ : İşyerinde	302.090	98,21	AWE ₁ : Çalışırken	297.564	96,74
*PLC ₂ : İşyeri dışında	5.500	1,79	*AWE ₂ : Diğer	10.026	3,26

*temel kategori

yorumlanmasında göreceli risk oranlarından faydalanılmıştır. Çok durumlu logit modellerde önemli bir varsayım, İlişkiz Alternatiflerin Bağımsızlığı (Independence of Irrelevant Alternatives; IIA) varsayımı olup bu varsayım literatürde yaygın şekilde kullanılan ve Hausman ve McFadden [33] tarafından geliştirilen Hausman testi ile test edilmektedir. IIA varsayımı, bağımlı değişken kategorisindeki iki alternatifin seçim olasılıkları oranının, diğer alternatifler tarafından etkilenmediğini gösterir [34]. Hausman testi, aynı parametreler için iki tahmincinin karşılaştırılmasına dayanır. Sıfır hipotezi, kısıtlı ve kısıtsız modellerin parametreleri arasında farkın olmadığını göstermektedir [35]. Buna göre kategoriler arasında bağımsızlığın

olduğu sıfır hipotezi altında gerçekleştirilen ve Tablo 5'te belirtilen Hausman testi sonucuna göre $\alpha = 0.05$ önem seviyesinde olasılık değeri $p = 1.000$ ile karşılaştırıldığında sıfır hipotezinin reddedilemez olduğu, IIA varsayımının geçerli olduğu ve MLM'in uygulanabilirliği ortaya çıkmıştır.

Kaza bilgileri için Tablo 5'teki göreceli risk oranları incelendiğinde kaza sonucu işgöremezliğin olmaması durumu ile karşılaştırıldığında 2019 yılında 2013 yılına göre yaralanmalı, uzuv kayıplı ve ölümlü sonuçlanan kazaların daha az olduğu ve yaralanmalı kazalarda bu oranın diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Kazaların

Tablo 4. Kazazede ile ilgili bağımsız değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri
(Descriptive statistics of dependent variables with respect to victims)

Eğitim seviyesi (E)	Vaka sayısı	%			
E ₁ : Bilgi yok, okuryazar değil, okuryazar	13.268	4,31			
E ₂ : İlkokul	112.455	36,56			
E ₃ : Ortaokul	56.079	18,23			
E ₄ : Lise, meslek lisesi	109.185	35,50			
*E ₅ : Üniversite, yüksek lisans, doktora	16.603	5,40			
Meslek grubu (OG)	Vaka sayısı	%			
OG ₁ : Zanaat ve ilgili ticaret işçileri	47.981	15,60			
OG ₂ : Tesis ve makine operatörleri ve montajcıları	132.290	43,01			
OG ₃ : Nitelik gerektirmeyen meslek	107.242	34,87			
*OG ₄ : Diğer	20.077	6,53			
İSG eğitimi alma durumu (OHS)	Vaka sayısı	%			
OHS ₁ : Evet	297.340	96,67			
*OHS ₂ : Diğer	10.250	3,33			
İş tecrübesi (EXP) yıl	Vaka sayısı	%	Yaş (AGE)	Vaka sayısı	%
*EXP ₁ : [0, 4)	239.584	77,89	AGE ₁ : 0-24	61.179	19,89
EXP ₂ : [4, 8)	40.523	13,17	AGE ₂ : 25-34	117.798	38,30
EXP ₃ : [8, 12)	14.850	4,83	AGE ₃ : 35-44	90.414	29,39
EXP ₄ : [12 ≥	12.633	4,11	*AGE ₄ : 45 ≥	38.199	12,42
Cinsiyet (Gnd)	Vaka sayısı	%	Medeni durum (MS)	Vaka sayısı	%
*Gnd ₁ : Kadın	37.254	12,11	MS ₁ : Evli	201.868	65,63
Gnd ₂ : Erkek	270.336	87,89	*MS ₂ : Diğer	105.722	34,37

*temel kategori

meydana geldiği saat dikkate alındığında 20:00-23:59 saatleri ile diğer zamanlarda meydana gelen kazalar karşılaştırıldığında 20:00-23:59 saatlerinde yaralanma ile sonuçlanan kazaların daha yüksek olduğu ve zaman değişkenin uzuv kayıplı kazalardaki öneminin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülür. Farahbod vd. [36] araştırmasında, iş kazalarının ortaya çıkışını önemli ölçüde etkileyen faktörlerden bir tanesinin de kazanın yaşandığı zaman olup yaralanmaların en çok gece işçileri arasında görüldüğünü belirlemiştir. Çalışmamızda da kaza sonucunun gün içinde yaşanan saatin bir fonksiyonu olduğu anlaşılmıştır. Söz konusu çalışma saatlerinde dikkat dağınıklığının artabileceği, uyku bozukluğu [37, 38] vardiyalı çalışanlar arasında görülen sirkadyen ritim bozulması [38] gibi sağlık problemlerine bağlı olarak kaza riski artmaktadır. Sağlık taraması ve mola saatlerinin yeniden düzenlenmesi gibi idari tedbirlerin uygulanması kazaları azaltmak için faydalı olabilir. Kazanın yaşandığı çalışma ortamı yaralanmalı ve ölümlü kazalar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kazayı başlatan sapma olay değişkeni tüm modeller için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sapma olay, DV₁: bilgi yok'a göre DV₂: elektrik kaynaklı problemler, patlama ve yangın-belirtilmemiş sapma olay, DV₃: taşıma, devrilme, sızıntı, aşırı akış, buharlaşma, emisyon nedeniyle sapma – belirtilmemiş, DV₄: malzeme ajanının kırılması, patlaması, yarılmaması, kayması, düşmesi, çökmesi - belirtilmemiş, DV₅: makinenin, taşıma veya elleçleme ekipmanının, el aletinin, nesnenin, hayvanın kontrolünün (tamamen veya kısmen) kaybı - belirtilmemiş, DV₆: kayma - tökezleme ve düşme - kişilerin düşmesi - belirtilmemiş, DV₇: herhangi bir fiziksel stres olmaksızın vücut hareketi (genellikle harici bir yaralanmaya yol açar) – belirtilmemiş ve DV₈: fiziksel stres altında veya fiziksel stresle birlikte vücut hareketi (genellikle bir iç yaralanmaya yol açar) – belirtilmemiş olmasına maruz kalan çalışanlarda yaralanmalı kazanın gerçekleşme olasılığı daha fazla iken DV₉: şok, korku, şiddet, saldırganlık, tehdit, bulunma – belirtilmemiş için daha azdır. Kazaların uzuv kayıplı sonuçlanma olasılığı ise DV₁'e göre DV₅, DV₆, DV₇ ve DV₈ sapma olaylara maruz kalan çalışanlar için daha yüksektir. Kazaların ölümlü sonuçlanma olasılığı ise DV₁'e göre DV₅ ve DV₇ sapma olaylar yaşandığında daha az olduğu belirlenmiştir. İmalat sanayi ile karakterize olan başlıca sapma olayların üstesinden gelmeye yönelik politikalar yaralanmalı, uzuv kayıplı ve ölümlü kazaları önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olabilir. Kazanın yaşandığı gün değişkeni dikkate

alındığında, iş gününün pazar olduğunda yaşanan kazalar ile diğer günler yaşanan kazalar karşılaştırıldığında, pazar gününe göre diğer günlerde yaralanmalı kaza olma olasılığı daha yüksek olup sırasıyla salı gününde 0,243 kat, Çarşamba günü ise 0,226 kat diğer günlere göre yaralanmalı kazalar için daha önemlidir. Bununla birlikte, çalışanların pazar iş gününe göre Pazartesi gününde ölümlü kazaya maruz kalma olasılığı daha yüksektir. Çalışma günü bakımından kaza şiddeti düzeyi sektörler arasında farklılaşabilmektedir. Örneğin, Szóstak [39] inşaat sektöründe ölümlü kazaların en sık Çarşamba ve Perşembe günlerinde yaşandığını belirlemiştir. Bu nedenle, imalat sanayi için yaralanmalı ve ölümlü kazaların bir fonksiyonu olan kaza günü dikkate alınarak çalışanların rotasyonu ve işbaşı eğitimleri ile kazalar önlenabilir. Kazanın yaşandığı mevsim değişkeni, iş göremezliğin olmamasına göre yaralanmalı ve uzuv kayıplı kazalar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. İlkbahar mevsiminde çalışanların yaralanmalı ve uzuv kayıplı kaza ile karşılaşması daha olasıdır. Bu çalışmada, elde edilen bulgunun aksine, İzadi vd. [40] çalışmasında İran'da faaliyet gösteren tarım, hizmet ve sanayi sektörlerinde yaşanan kazaları analiz ederek en az ilkbahar mevsiminde kazaların yaşandığını belirlemiştir. Türk imalat sanayi'nde faaliyetler mevsim türünden bağımsız bir şekilde devam etmesine karşın iş kazalarını azaltmak için ilkbahar mevsimi dikakte alınarak önleyici tedbirlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Kaza esnasında yürütülen çalışma süreci değişkeninin yaralanmalı ve ölümlü kazalar üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer çalışma süreçlerine göre WP₁: üretim, imalat, işleme, depolama- belirtilmemiş ile uğraşan çalışanların yaralanmalı kazalar ile karşılaşma olasılığı daha yüksek iken ölümlü kaza ile karşılaşması olasılığı daha düşüktür. Pietilä vd. [41] tekrar eden kazaları incelediği çalışmasında çalışma süreci tipi olan üretim, hizmet ve diğerleri için analiz yürüterek ilk kazada görülen çalışma süreci tipinin bir sonraki kazanın gidişatını etkilediğini belirleyerek çalışma süreci tipinin önemini ortaya koymuştur. Kaza önleyici tedbirler geliştirilirken çalışma sürecini de dikkate alınarak çalışma ortamında yeni tehlike oluşturmayacak tedbirler geliştirilmelidir.

Kuruluş bilgileri için de göreceli risk oranları Tablo 5'te verilmiştir. Kuruluşun mahiyeti dikkate alındığında, özel sektörde yaşanan kazalar ile diğer mahiyet grubundaki sektörlerde yaşanan kazalar

Tablo 5. İş göremezliğin olmaması durumuna göre yaralanmalı ve uzun kayıplı kazalar için çok durumlu logit model tahmin sonuçları (According to the no incapacity, multinomial logit model estimation outcomes for injury and loss of limbs accidents)

Tahmin değişkenleri	Yaralanma				Uzun kayıplı			
	Katsayı	Std. Hata	P> z	RRR	Katsayı	Std. Hata	P> z	RRR
Y ₂ : 2014	-0,031	0,018	0,091***	0,970	-0,196	0,098	0,047**	0,822
Y ₃ : 2015	-0,133	0,018	0,000*	0,875	-0,436	0,101	0,000*	0,647
Y ₄ : 2016	-0,473	0,017	0,000*	0,623	-0,703	0,100	0,000*	0,495
Y ₅ : 2017	-0,536	0,017	0,000*	0,585	-0,953	0,100	0,000*	0,386
Y ₆ : 2018	-0,707	0,016	0,000*	0,493	-1,418	0,105	0,000*	0,242
Y ₇ : 2019	-0,865	0,016	0,000*	0,421	-1,613	0,109	0,000*	0,199
HD ₁ : 00:00-03:59	-0,020	0,019	0,297	0,981	-0,090	0,150	0,546	0,914
HD ₂ : 04:00-07:59	-0,089	0,019	0,000*	0,915	0,084	0,146	0,564	1,088
HD ₃ : 08:00-11:59	0,103	0,015	0,000*	1,108	0,238	0,111	0,031**	1,269
HD ₄ : 12:00-15:59	-0,075	0,015	0,000*	0,928	0,104	0,113	0,359	1,109
HD ₅ : 18:00-19:59	-0,048	0,016	0,002*	0,953	0,131	0,119	0,271	1,140
EXP ₂ : [4, 8)	-0,050	0,012	0,000*	0,951	-0,245	0,087	0,005*	0,783
EXP ₃ : [8, 12)	-0,067	0,018	0,000*	0,935	-0,432	0,142	0,002*	0,649
EXP ₄ : [12 ≥	-0,064	0,020	0,002*	0,938	-0,447	0,147	0,002*	0,639
OG ₁ : Zanaat ve ilgili ticaret işçileri	0,173	0,018	0,000*	1,189	0,005	0,132	0,970	1,005
OG ₂ : Tesis ve makine operatörleri ve montajcıları	0,184	0,017	0,000*	1,202	0,237	0,121	0,050**	1,268
OG ₃ : Nitelik gerektirmeyen meslek	0,105	0,017	0,000*	1,110	-0,150	0,125	0,227	0,860
AGE ₁ : 0-24	-0,152	0,017	0,000*	0,859	-0,804	0,112	0,000*	0,447
AGE ₂ : 25-34	-0,112	0,013	0,000*	0,894	-0,811	0,084	0,000*	0,445
AGE ₃ : 35-44	-0,062	0,013	0,000*	0,940	-0,443	0,079	0,000*	0,642
Gnd ₂ : Erkek	0,325	0,012	0,000*	1,384	0,432	0,104	0,000*	1,541
MS ₁ : Evli	0,049	0,010	0,000*	1,051	0,159	0,077	0,038**	1,172
OHS ₁ : Evet	0,025	0,022	0,265	1,025	-0,785	0,101	0,000*	0,456
E ₁ : Bilgi yok, okuryazar değil, okuryazar	0,084	0,025	0,001*	1,088	0,350	0,187	0,061***	1,419
E ₂ : İlkokul	0,143	0,018	0,000*	1,154	0,377	0,151	0,013**	1,458
E ₃ : Ortaokul	0,161	0,019	0,000*	1,175	0,215	0,158	0,175	1,240
E ₄ : Lise, meslek lisesi	0,132	0,018	0,000*	1,142	0,173	0,150	0,249	1,189
PLC ₁ : İşyeri	0,041	0,043	0,331	1,042	0,024	0,346	0,945	1,024
AWE ₁ : Çalışırken	0,149	0,032	0,000*	1,161	0,087	0,283	0,758	1,091
ST ₁ : Özel	0,390	0,031	0,000*	1,476	0,412	0,238	0,083***	1,510
DV ₂ : Elektrik kaynaklı problemler, patlama ve yangın-belirtilmemiş sapma olay	0,183	0,058	0,001*	1,201	-0,869	0,578	0,133	0,419
DV ₃ : Taşma, devrilme, sızıntı, aşırı akış, buharlaşma, emisyon nedeniyle sapma – belirtilmemiş	0,560	0,047	0,000*	1,750	-0,315	0,345	0,360	0,730
DV ₄ : Malzeme Ajanının kırılması, patlaması, yanılması, kayması, düşmesi, çökmesi - belirtilmemiş	0,639	0,045	0,000*	1,895	0,143	0,304	0,639	1,153
DV ₅ : Makinenin, taşıma veya elleçleme ekipmanının, el aletinin, nesnenin, hayvanın kontrolünün (tamamen veya kısmen) kaybı - belirtilmemiş	0,596	0,045	0,000*	1,815	1,096	0,293	0,000*	2,992
DV ₆ : Kayma - tökezleme ve düşme - kişilerin düşmesi - belirtilmemiş	0,646	0,045	0,000*	1,908	-0,615	0,329	0,062***	0,541
DV ₇ : Herhangi bir fiziksel stres olmaksızın vücut hareketi (genellikle harici bir yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş	0,588	0,045	0,000*	1,801	0,969	0,296	0,001*	2,635

Not: *p<.01, ** p<.05, *** p<.10. Bağımlı değişken için belirlenen tercihler arasında temel kategori “iş göremezlik yok” olarak seçilmiştir. Bağımsız kukla değişkenler için temel kategoriler Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’te belirtilmiştir.

karşılaştırıldığında özel sektörde yaralanma ile sonuçlanan kaza yaşanma olasılığı 1,476 kat daha yüksektir. Allman vd. [42], iş kazasına maruz kalan ve riskli davranışlar gerçekleştiren çalışanların, özel sektörde daha yaygın olduğunu belirlemiştir. İşveren, çalışanların

sağlık ve güvenliklerini temin etmeye yönelik her türlü tedbiri uygulama görevini yerine getirerek yaralanmalı kazaların azalması ile kaza maliyetlerinden de kurtulabilir. Tedbirler planlanırken güvenlik teknolojilerinden de fayda sağlanmalıdır [43]. Bölüm değişkeni

Tablo 5. İş göremezliğin olmaması durumuna göre yaralanmalı ve uzun kayıplı kazalar için çok durumlu logit model tahmin sonuçları (According to the no incapacity, multinomial logit model estimation outcomes for injury and loss of limbs accidents) (devamı)

Tahmin değişkenleri	Yaralanma				Uzun kayıplı			
	Katsayı	Std. Hata	P> z	RRR	Katsayı	Std. Hata	P> z	RRR
DV ₈ : Fiziksel stres altında veya fiziksel stresle birlikte vücut hareketi (genellikle bir iç yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş	0,587	0,046	0,000*	1,799	0,697	0,307	0,023**	2,007
DV ₉ : Şok, korku, şiddet, saldırganlık, tehdit, bulunma - belirtilmemiş	-0,353	0,092	0,000*	0,703	-0,774	1,043	0,458	0,461
D ₁ : Pazartesi	0,128	0,022	0,000*	1,137	0,023	0,156	0,881	1,024
D ₂ : Salı	0,243	0,015	0,000*	1,275	-0,074	0,106	0,482	0,928
D ₃ : Çarşamba	0,226	0,015	0,000*	1,253	0,163	0,100	0,105	1,177
D ₄ : Perşembe	0,214	0,015	0,000*	1,239	0,038	0,103	0,711	1,039
D ₅ : Cuma	0,197	0,015	0,000*	1,218	0,007	0,103	0,945	1,007
D ₆ : Cumartesi	0,070	0,015	0,000*	1,072	-0,092	0,105	0,381	0,912
CA: Gıda ürünleri, içecekler ve tütün ürünleri imalatı	-0,467	0,020	0,000*	0,627	-0,226	0,130	0,083***	0,798
CB: Tekstil, konfeksiyon, deri ve ilgili ürünlerin imalatı	-0,193	0,019	0,000*	0,824	-0,904	0,136	0,000*	0,405
CC: Ahşap ve kağıt ürünleri imalatı ve baskı	0,199	0,024	0,000*	1,220	0,191	0,140	0,172	1,210
CD: Kok ve rafine petrol ürünleri imalatı	0,139	0,113	0,216	1,149	-15,163	1941,557	0,994	0,000
CE: Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı	0,354	0,035	0,000*	1,424	0,137	0,236	0,560	1,147
CF: İlaç, tıbbi kimyasal ve botanik ürünlerin imalatı	-0,048	0,078	0,538	0,953	0,029	0,590	0,961	1,030
CG: Kauçuk ve plastik ürünlerin ve diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	0,091	0,019	0,000*	1,095	-0,196	0,119	0,099***	0,822
CH: Makine ve teçhizat hariç, temel metallerin ve fabrikasyon metal ürünlerin imalatı	0,410	0,017	0,000*	1,507	0,177	0,104	0,087***	1,194
CI: Bilgisayar, elektronik ve optik ürünlerin imalatı	-1,354	0,050	0,000*	0,258	-0,780	0,370	0,035**	0,459
CJ: Elektrikli ekipman imalatı	-0,609	0,022	0,000*	0,544	-0,875	0,170	0,000*	0,417
CK: Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı	0,152	0,022	0,000*	1,164	-0,083	0,139	0,551	0,920
CL: Taşıma ekipmanlarının imalatı	-0,036	0,019	0,064***	0,965	-0,602	0,137	0,000*	0,548
SEAS ₂ : Haziran, Temmuz, Ağustos	-0,074	0,011	0,000*	0,928	-0,222	0,077	0,004*	0,801
SEAS ₃ : Eylül, Ekim, Kasım	-0,099	0,011	0,000*	0,905	-0,087	0,074	0,240	0,916
SEAS ₄ : Aralık, Ocak, Şubat	-0,034	0,011	0,003*	0,967	-0,095	0,078	0,221	0,910
WP ₁ : Üretim, imalat, işleme, depolama-belirtilmemiş	0,070	0,016	0,000*	1,072	0,113	0,122	0,354	1,120
Gr ₂ : Ege bölgesi	-0,340	0,010	0,000*	0,712	-0,436	0,082	0,000*	0,647
Gr ₃ : Akdeniz bölgesi	-0,166	0,018	0,000*	0,847	0,538	0,103	0,000*	1,712
Gr ₄ : İç Anadolu bölgesi	-0,233	0,011	0,000*	0,792	0,186	0,074	0,012**	1,204
Gr ₅ : Karadeniz bölgesi	-0,295	0,017	0,000*	0,744	-0,206	0,127	0,105	0,814
Gr ₆ : Doğu Anadolu bölgesi	-0,207	0,047	0,000*	0,813	0,312	0,310	0,314	1,366
Gr ₇ : Güneydoğu Anadolu bölgesi	-0,835	0,025	0,000*	0,434	0,365	0,151	0,016**	1,441
cons	-0,789	0,070	0,000*	0,454	-4,205	0,491	0,000*	0,015
Hausman test	0,000		1,000					
Tahmin değişkenleri	Ölümlü							
	Katsayı	Std. Hata	P> z	RRR				
Y ₂ : 2014	-0,383	0,197	0,052**	0,682				
Y ₃ : 2015	-0,520	0,203	0,011**	0,595				
Y ₄ : 2016	-0,721	0,197	0,000*	0,486				
Y ₅ : 2017	-0,819	0,189	0,000*	0,441				
Y ₆ : 2018	-1,249	0,199	0,000*	0,287				
Y ₇ : 2019	-1,795	0,229	0,000*	0,166				
HD ₁ : 00:00-03:59	-0,390	0,275	0,156	0,677				
HD ₂ : 04:00-07:59	-0,483	0,280	0,085***	0,617				
HD ₃ : 08:00-11:59	-0,281	0,194	0,147	0,755				
HD ₄ : 12:00-15:59	-0,313	0,196	0,111	0,731				
HD ₅ : 18:00-19:59	-0,354	0,211	0,093***	0,702				

Not: *p<.01, ** p<.05, *** p<.10. Bağımlı değişken için belirlenen tercihler arasından temel kategori "işgöremezlik yok" olarak seçilmiştir. Bağımsız kukla değişkenler için temel kategoriler Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te belirtilmiştir.

katsayıları tüm modeller için istatistiksel olarak anlamlıdır. Bölüm, CM: diğer makine ve teçhizat imalatı, tamiri ve montajı ile diğer bölümler karşılaştırıldığında, CA: gıda ürünleri, içecekler ve tütün ürünleri imalatı, CB: tekstil, konfeksiyon, deri ve ilgili ürünlerin imalatı, CJ: elektrikli ekipman imalatı, CI: bilgisayar, elektronik ve optik ürünlerin imalatı, CL: taşıma ekipmanlarının imalatında çalışanların yaralanmalı kaza yaşama olasılığı daha düşüktür. Yine, CM'e göre bölüm CC: ahşap ve kağıt ürünleri imalatı ve baskı, CE:

manufacture of chemicals and chemical products, CG: kauçuk ve plastik ürünlerin ve diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı, CH: makine ve teçhizat hariç, temel metallerin ve fabrikasyon metal ürünlerin imalatı ve CK: başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı çalışanların yaralanmalı kaza ile karşılaşma olasılığı daha yüksektir. Çalışanların uzun kayıplı kazalara maruz kalma olasılığı bölüm CH'daki, ölümlü kaza ile karşılaşma olasılığı ise bölüm CG ve CH'da daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. İş göremezliğin olmaması durumuna göre yaralanmalı ve uzuv kayıplı kazalar için çok durumlu logit model tahmin sonuçları (According to the no incapacity, multinomial logit model estimation outcomes for injury and loss of limbs accidents) (devamı)

Tahmin değişkenleri	Ölümlü			
	Katsayı	Std. Hata	P> z	RRR
EXP ₂ : [4, 8)	0,209	0,157	0,184	1,232
EXP ₃ : [8, 12)	-0,236	0,280	0,399	0,790
EXP ₄ : [12 ≥	0,063	0,238	0,791	1,065
OG ₁ : Zanaat ve ilgili ticaret işçileri	0,210	0,240	0,381	1,234
OG ₂ : Tesis ve makine operatörleri ve montajcıları	0,129	0,227	0,570	1,137
OG ₃ : Nitelik gerektirmeyen meslek	0,161	0,228	0,480	1,175
AGE ₁ : 0-24	-1,030	0,222	0,000*	0,357
AGE ₂ : 25-34	-0,843	0,163	0,000*	0,430
AGE ₃ : 35-44	-0,468	0,152	0,002*	0,626
Gnd ₂ : Erkek	1,012	0,285	0,000*	2,750
MS ₁ : Evli	-0,192	0,145	0,184	0,825
OHS ₁ : Evet	-0,917	0,172	0,000*	0,400
E ₁ : Bilgi yok, okuryazar değil, okuryazar	-0,025	0,338	0,942	0,976
E ₂ : İlkokul	0,127	0,263	0,630	1,135
E ₃ : Ortaokul	0,239	0,273	0,382	1,270
E ₄ : Lise, meslek lisesi	-0,131	0,261	0,617	0,877
PLC ₁ : İşyeri	-0,454	0,313	0,147	0,635
AWE ₁ : Çalışırken	-0,824	0,288	0,004*	0,438
ST ₁ : Özel	0,627	0,464	0,177	1,872
DV ₂ : Elektrik kaynaklı problemler, patlama ve yangın-belirtilmemiş sapma olay	1,350	0,319	0,000*	3,858
DV ₃ : Taşma, devrilme, sızıntı, aşırı akış, buharlaşma, emisyon nedeniyle sapma – belirtilmemiş	-0,010	0,334	0,976	0,990
DV ₄ : Malzeme Ajanının kırılması, patlaması, yarılması, kayması, düşmesi, çökmesi - belirtilmemiş	0,052	0,297	0,860	1,054
DV ₅ : Makinenin, taşıma veya elleçleme ekipmanının, el aletinin, nesnenin, hayvanın kontrolünün (tamamen veya kısmen) kaybı - belirtilmemiş	-0,530	0,293	0,071***	0,589
DV ₆ : Kayma - tökezleme ve düşme - kişilerin düşmesi - belirtilmemiş	-0,203	0,303	0,501	0,816
DV ₇ : Herhangi bir fiziksel stres olmaksızın vücut hareketi (genellikle harici bir yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş	-1,389	0,359	0,000*	0,249
DV ₈ : Fiziksel stres altında veya fiziksel stresle birlikte vücut hareketi (genellikle bir iç yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş	-0,409	0,350	0,242	0,664
DV ₉ : Şok, korku, şiddet, saldırganlık, tehdit, bulunma - belirtilmemiş	-0,098	0,763	0,897	0,906
D ₁ : Pazartesi	0,492	0,249	0,048**	1,636
D ₂ : Salı	-0,008	0,207	0,967	0,992
D ₃ : Çarşamba	0,110	0,200	0,584	1,116
D ₄ : Perşembe	-0,066	0,206	0,749	0,936
D ₅ : Cuma	0,062	0,201	0,759	1,064
D ₆ : Cumartesi	-0,033	0,204	0,873	0,968
CA: Gıda ürünleri, içecekler ve tütün ürünleri imalatı	-0,492	0,286	0,086***	0,611
CB: Tekstil, konfeksiyon, deri ve ilgili ürünlerin imalatı	-0,414	0,273	0,130	0,661
CC: Ahşap ve kağıt ürünleri imalatı ve baskı	0,236	0,309	0,444	1,267
CD: Kok ve rafine petrol ürünleri imalatı	-14,273	1915,755	0,994	0,000
CE: Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı	0,653	0,407	0,108	1,921
CF: İlaç, tıbbi kimyasal ve botanik ürünlerin imalatı	-13,969	1098,176	0,990	0,000
CG: Kauçuk ve plastik ürünlerin ve diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	0,404	0,220	0,066***	1,498
CH: Makine ve teçhizat hariç, temel metallerin ve fabrikasyon metal ürünlerin imalatı	0,398	0,211	0,059***	1,489
CI: Bilgisayar, elektronik ve optik ürünlerin imalatı	-14,801	866,073	0,986	0,000
CJ: Elektrikli ekipman imalatı	-0,397	0,339	0,241	0,672
CK: Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı	-0,256	0,336	0,446	0,774
CL: Taşıma ekipmanlarının imalatı	-0,308	0,291	0,289	0,735

Not: *p<.01, ** p<.05, *** p<.10. Bağımlı değişken için belirlenen tercihler arasından temel kategori "işgöremezlik yok" olarak seçilmiştir. Bağımsız kukla değişkenler için temel kategoriler Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te belirtilmiştir.

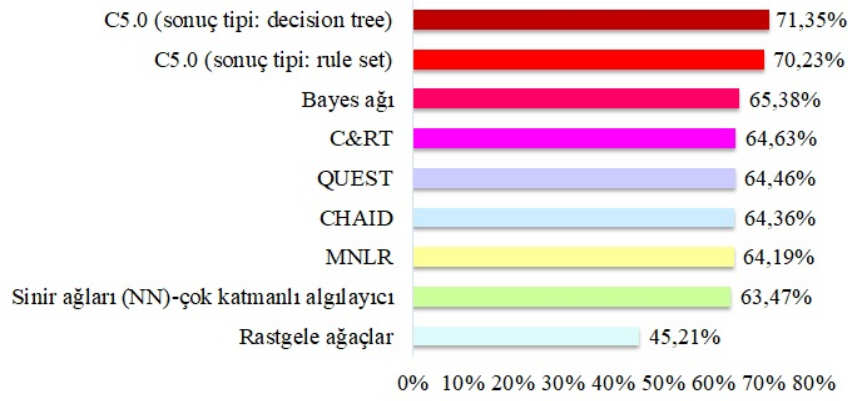
İmalat sanayi kapsamında faaliyet gösteren bölüm CG ile CH çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır. İmalat sanayi kapsamındaki her bir bölüm kendi iç dinamiklerinden kaynaklanan riskleri azaltmaya yönelik politikaların geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Kazanın yaşandığı coğrafi bölge değişkeni de tüm model için istatistiksel olarak anlamlıdır. Marmara bölgesinde bulunan işyerlerinde çalışanların diğer bölgelerde bulunan işyerlerinde çalışanlar ile karşılaştırıldığında, Marmara bölgesindeki çalışanların diğer 6 bölgedeki çalışanlara göre yaralanmalı kaza ile karşılaşması daha olasıdır. Bununla birlikte, Marmara bölgesi'ndeki çalışanlara göre

1,712 kat Akdeniz bölgesi'nde, 1,204 kat İç Anadolu bölgesi'nde ve 1,441 kat Güney Doğu Anadolu bölgesi'nde uzuv kayıplı kazalar ile karşılaşma olasılığı daha yüksektir. Çalışanların, Marmara bölgesi'ne göre 2,066 kat Akdeniz bölgesinde ve 1,966 kat Güney Doğu Anadolu bölgesi'nde ölümlü kazalar ile karşı karşıya kalma olasılığı daha yüksektir. de Medeiros Prudêncio vd. [44], Brezilya'da yaşanan iş kaza sonuçlarının farklı coğrafi bölgelerin sosyokültürel özellikleri ile doğrudan ilişkili olduğunu belirlemiştir. Kaza şiddetinin daha fazla olduğu bölgelerden başlayarak iş sağlığı ve güvenliği denetimlerin artırılması kaza etkilerini azaltmak için faydalı olabilir.

Tablo 5. İş göremezliğin olmaması durumuna göre, ölümlü kazalar için çok durumlu logit model tahmin sonuçları (According to the no incapacity, multinomial logit model estimation outcomes for fatal accidents) (devamı)

Tahmin değişkenleri	Ölümlü			
	Katsayı	Std. Hata	P> z	RRR
SEAS ₂ : Haziran, Temmuz, Ağustos	0,049	0,154	0,752	1,050
SEAS ₃ : Eylül, Ekim, Kasım	0,154	0,152	0,309	1,167
SEAS ₄ : Aralık, Ocak, Şubat	0,088	0,159	0,579	1,092
WP ₁ : Üretim, imalat, işleme, depolama- belirtilmemiş	-0,956	0,142	0,000*	0,385
Gr ₂ : Ege bölgesi	-0,261	0,159	0,101	0,771
Gr ₃ : Akdeniz bölgesi	0,726	0,179	0,000*	2,066
Gr ₄ : İç Anadolu bölgesi	0,013	0,163	0,937	1,013
Gr ₅ : Karadeniz bölgesi	0,209	0,199	0,295	1,232
Gr ₆ : Doğu Anadolu bölgesi	0,367	0,470	0,435	1,443
Gr ₇ : Güneydoğu Anadolu bölgesi	0,676	0,256	0,008*	1,966
cons	-2,746	0,738	0,000*	0,064
Hausman test	0,000		1,000	

Not: *p<.01, ** p<.05, *** p<.10. Bağımlı değişken için belirlenen tercihler arasında temel kategori "işgöremezlik yok" olarak seçilmiştir. Bağımsız kukla değişkenler için temel kategoriler Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te belirtilmiştir.

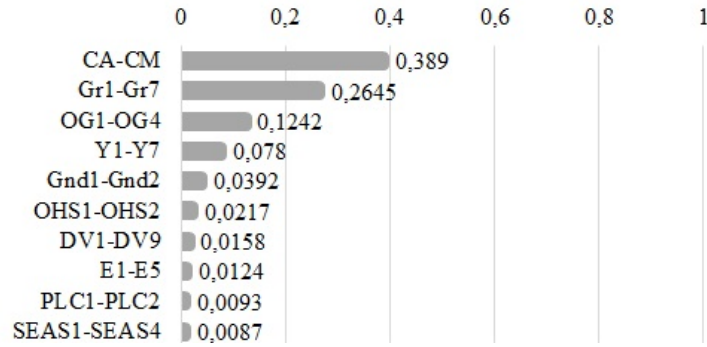
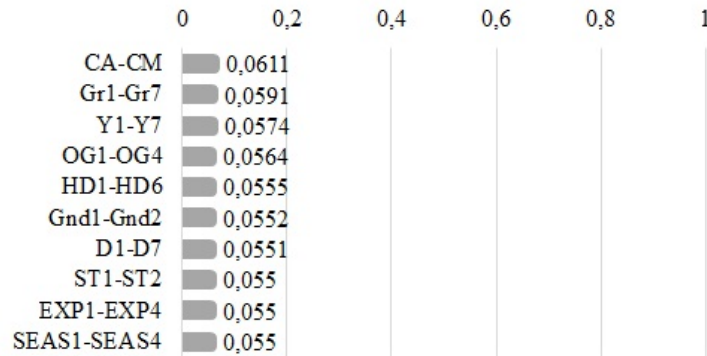
**Şekil 4.** Her bir algoritma için elde edilen doğruluk % (The each algorithm's accuracy %)

Kazazede bilgileri bakımından MLM'den elde edilen sonuçlara göre, yaş değişkeninin katsayıları tüm modellerde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Tüm yaş grupları, 45 yaş üzerinde olan kişilerle karşılaştırıldığında kazaların yaralanmalı, uzuv kayıplı ve ölümlü sonuçlanması olasılığı daha azdır. Yani yaş arttıkça yaralanmalı, uzuv kayıplı ve ölümlü sonuçlanan kazalar da artmaktadır (Tablo 5). Çalışanların yaşı, özellikle 50+ yaş grubu çalışanların üretim görevlerini güvenli bir şekilde yerine getirmelerini ciddi düzeyde etkilemektedir [45] ve özellikle imalat sanayi'nde yaşanan kazanın şiddeti artmaktadır [46]. Çalışanların yaş grupları ve görev-tehlike düzeyi dikkate alınarak görev atamasının yapılması şiddeti yüksek olan uzuv kayıplı ve ölümlü kazalar için kilit çözüm olabileceği düşünülmektedir. Cinsiyet değişkeni yaralanmalı, uzuv kayıplı ve ölümlü sonuçlanan kazalar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Model sonuçlarına göre erkeklerin kadınlara göre yaralanmalı kaza ile karşılaşma olasılığı 1,384 kat daha fazla iken bu oranlar uzuv kaybı ve ölümlü sonuçlanan kazalar için sırasıyla 1,541 ve 2,750'dir. Diğer kazalar ile karşılaştırıldığında kazaların ölümlü sonuçlanması olasılığı erkeklerde kadınlara göre oldukça yüksektir. İş kaza sonucu için kilit role sahip olan çalışan cinsiyetinin erkek olması risk faktörü olarak kabul edilmelidir. Çalışanların iş tecrübesi yaralanma ve uzuv kayıplı kazalar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Model sonuçlarına göre, tüm iş tecrübesi düzeyleri ile [0, 4) yıl iş tecrübesi karşılaştırıldığında, [0,4) yıl iş tecrübesine sahip çalışanların yaralanmalı ve uzuv kayıplı kazalar ile karşılaşma olasılığı daha fazladır. İş tecrübesi arttıkça yaralanmalı ve uzuv kayıplı kazalar daha az yaşanmaktadır. Eğitim düzeyi değişkeni yaralanmalı kazalar üzerinde istatistikselsel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Eğitim düzeyi Es: üniversite ve üzeri olan çalışanlara göre diğer tüm eğitim düzeylerindeki çalışanların yaralanmalı kazaya maruz kalma olasılığı daha yüksektir.

Bununla birlikte, eğitim düzeyi üniversite ve üzeri olan çalışanlara göre ortaokul eğitim düzeyindeki çalışanlar 1,175 kat daha fazla yaralanmalı kaza ile karşılaşmaktadır. Nola vd. [47], çalışanın iş tecrübesi ve eğitim seviyesinin iş kaza sıklığını etkilediğini belirlemiştir. Benzer bir diğer sonuç, Nodoushan vd. [48] araştırması ile iş kazaları ile yaş, iş tecrübesi, çalışma süresi, eğitim düzeyi, meslek ve medeni durumun ilişkili olduğunu belirlemiştir. Meslek değişkeni katsayıları yaralanmalı ve uzuv kaybı ile sonuçlanan kaza modelleri için istatistikselsel olarak anlamlıdır. OG₄: diğer meslek grubu'na göre OG₃: nitelik gerektirmeyen meslek, OG₁: zanaat ve ilgili ticaret işçileri, OG₂: tesis ve makine operatörleri ve montajcılarının yaralanmalı ve uzuv kayıplı kaza olasılığı artmaktadır. Bununla birlikte, mesleği OG₂: tesis ve makine operatörleri ve montajcı olanların kalan tüm meslek grubundaki çalışanlara göre yaralanmalı ve uzuv kaybı ile sonuçlanan kazaya maruz kalma olasılıkları daha yüksektir. Çalışanlar, mesleklerine özgü tehlikeler hakkında eğitilmeli, özel eğitim gerektiren meslek grupları için eğitim imkânı sağlanmalıdır. Tesis ve makine operatörleri ve montajcı meslek grubu için kilitleme etiketleme sisteminin kullanılması ciddi kazaları önlemek için son derece önemlidir. Medeni durum değişkeni yaralanma ve uzuv kayıplı kazalar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Model sonuçlarına göre evli çalışanların diğer çalışanlara göre yaralanma ile sonuçlanan kazaya maruz kalma oranı 1,051 kat daha fazla iken bu oran uzuv kayıplı kazalar için daha yüksek olup 1,173 kat'dır. İSG eğitimi alma durumu değişkeni uzuv kayıplı ve ölümlü kazalar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Model sonuçlarına göre, iş güvenliği eğitimi almamış olan çalışanlara göre iş güvenliği eğitimi almış olan çalışanların ölümlü ve uzuv kayıplı kazalara maruz kalma oranları daha düşüktür. Bu durum iş güvenliği eğitimi almış olmanın ölümlü ve uzuv kayıplı kazaları azaltmak için önemli bir değişken olduğu anlamına gelir.

Tablo 6. İşgöremezlik yok (ILI₁) ve yaralanma (ILI₂) ile sonuçlanan kazalar için C5.0 (sonuç tipi: karar ağacı) ile elde edilen kurallar (For accidents resulting in no incapacity (ILI₁) and injuries (ILI₂), rules obtained from C5.0 (outcome type: decision tree))

Düğüm	Kural	Sonuç	Sıklık	Olasılık %
3520	if Gnd ₂ ve CJ ve Gr ₂ ve OG ₃ ve OHS ₁	ILI ₁	2.571	0,934
3273	if Gnd ₂ ve CI ve OHS ₁ ve “Gr ₂ , Gr ₃ , Gr ₅ ”	ILI ₁	781	0,918
7124	if Kadın ve CJ ve “Gr ₂ , Gr ₃ ”	ILI ₁	970	0,895
3782	if Gnd ₂ ve CK ve Gr ₄ ve OG ₃ ve OHS ₁ ve “Y ₆ , Y ₇ ”	ILI ₁	718	0,815
5766	if Kadın ve CA ve WP ₁ ve OG ₁ ve Gr ₁ ve “Y ₂ , Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ ”	ILI ₁	531	0,766
6490	if Kadın ve CB ve Y ₆ ve OG ₂ ve Gr ₁ ve “DV ₅ , DV ₄ , DV ₉ ”	ILI ₁	539	0,759
155	if Gnd ₂ ve CA ve Gr ₁ ve “OG ₁ , OG ₄ ” ve Y ₆	ILI ₁	645	0,744
6008	if Kadın ve CA ve WP ₁ ve OG ₃ ve “Gr ₆ , Gr ₅ , Gr ₇ ”	ILI ₁	872	0,720
4878	if Gnd ₂ ve CL ve OHS ₁ ve Gr ₂ ve “OG ₂ , OG ₄ ” ve Y ₇	ILI ₁	517	0,714
6602	if Kadın ve CB ve Y ₇ ve OG ₂ ve “Gr ₁ , Gr ₆ , Gr ₇ ” ve DV ₅	ILI ₁	662	0,711
3884	if Gnd ₂ ve CL ve OHS ₁ ve WP ₁ ve “OG ₂ , OG ₄ ” ve Y ₁	ILI ₂	1.166	0,774
3333	if Gnd ₂ ve CJ ve Gr ₁ ve AWE ₁ ve OHS ₁ ve “Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ , Y ₄ , Y ₅ ”	ILI ₂	2.126	0,741
2540	if Gnd ₂ ve CJ ve Gr ₄ ve “OG ₁ , OG ₃ ”	ILI ₂	735	0,736
1814	if Gnd ₂ ve CG ve ST ₁ ve “Gr ₁ , Gr ₃ , Gr ₆ ” “Gr ₅ ” ve Y ₃	ILI ₂	2.080	0,730
1816	if Gnd ₂ ve CG ve ST ₁ ve Gr ₂ ve “OG ₁ , OG ₃ ” “OG ₂ ” ve Y ₃	ILI ₂	750	0,729
2615	if Gnd ₂ ve CK ve Gr ₁	ILI ₂	4.989	0,722
1810	if Gnd ₂ ve CG ve Gr ₁ ve “Y ₁ , Y ₂ ”	ILI ₂	5.994	0,713
3268	if Gnd ₂ ve CH ve ST ₁	ILI ₂	54.588	0,713
3889	if Gnd ₂ ve CL ve OHS ₁ ve “Y ₂ , Y ₃ ”	ILI ₂	4.813	0,713
3941	if Gnd ₂ ve CL ve OHS ₁ ve WP ₁ ve Y ₄ ve DV ₅	ILI ₂	689	0,705
5040	if Gnd ₂ ve CM ve Gr ₁ ve WP ₁ ve ST ₁	ILI ₂	4.553	0,702

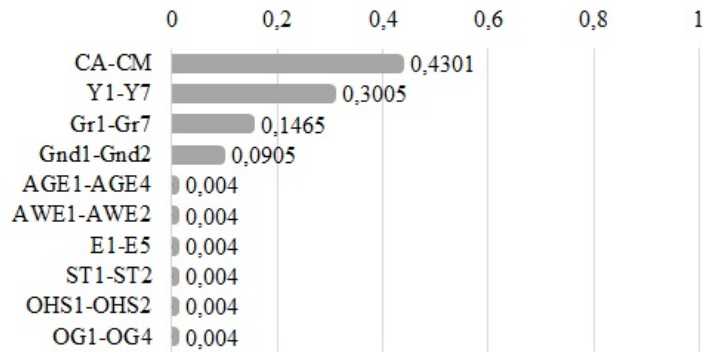
**Şekil 5.** Hedef değişken ILI₁-ILI₄ için C5.0 (sonuç tipi: karar ağacı) algoritması ile elde edilen öngörütücülerin önemi (Importance of predictor obtained by C5.0 algorithm (outcome type: decision tree) for target variables: ILI₁-ILI₄)**Şekil 6.** Hedef değişken ILI₁-ILI₄ için C5.0 (sonuç tipi: kural kümeleri) algoritması ile elde edilen öngörütücülerin önemi (Importance of predictor obtained by C5.0 algorithm (outcome type: rule sets) for target variables: ILI₁-ILI₄)

Tablo 7. İşgöremezlik yok (ILI₁), yaralanma (ILI₂) ve ölüm (ILI₄) ile sonuçlanan kazalar için C5.0 (sonuç tipi: kural kümeleri) ile elde edilen kurallar(For accidents resulting in no incapacity (ILI₁), injuries (ILI₂) and fatal (ILI₄), rules obtained from C5.0 (outcome type: rule sets))

Düğüm	Kural	Sonuç	Sıklık	Olasılık %
1	if Gnd ₁ ve OHS ₂ ve PLC ₂ ve CB	ILI ₁	24	0,962
2	if PLC ₂ ve CJ ve Gr ₂	ILI ₁	132	0,955
3	if DV ₂ ve CA ve Gr ₅	ILI ₁	19	0,952
4	if Y ₆ ve AWE ₂ ve CJ ve SEAS ₂ ve WP ₂	ILI ₁	16	0,944
5	if Y ₅ ve OG ₁ ve DV ₅ ve D ₁ ve CA ve Gr ₁	ILI ₁	15	0,941
6	if OG ₃ ve OHS ₁ ve CJ ve Gr ₂	ILI ₁	3.312	0,939
7	if AGE ₃ ve E ₄ ve DV ₇ ve D ₃ ve CM ve Gr ₄	ILI ₁	14	0,938
8	if Y ₇ ve AGE ₃ ve Gnd ₁ ve MS ₂ ve DV ₅ ve CA ve WP ₁ ve Gr ₁	ILI ₁	14	0,938
9	if Y ₂ ve OG ₁ ve E ₂ ve DV ₇ ve CM ve Gr ₄	ILI ₁	29	0,935
10	if Y ₂ ve Kadın ve D ₅ ve Gr ₅	ILI ₁	29	0,935
1	if Y ₅ ve E ₃ ve AWE ₁ ve DV ₄ ve CG ve SEAS ₃ ve Gr ₁	ILI ₂	18	0,950
2	if OG ₂ ve E ₁ ve PLC ₂ ve CB	ILI ₂	15	0,941
3	if Y ₇ ve HD ₁ ve D ₃ ve CG ve Gr ₄	ILI ₂	13	0,933
4	if Y ₂ ve CD ve Gr ₂	ILI ₂	12	0,929
5	if OG ₂ ve AGE ₁ ve DV ₅ ve CG ve WP ₂ ve Gr ₁	ILI ₂	12	0,929
6	if E ₁ ve AWE ₁ ve CB ve EXP ₂ ve Gr ₂	ILI ₂	12	0,929
7	if OG ₁ ve Gnd ₁ ve DV ₅ ve D ₄ ve Gr ₄	ILI ₂	12	0,929
8	if Y ₇ ve OG ₁ ve E ₁ ve D ₃ ve CL	ILI ₂	11	0,923
9	if AGE ₁ ve Gnd ₁ ve D ₅ ve CK ve Gr ₂	ILI ₂	11	0,923
10	if Y ₁ ve DV ₆ ve CB ve EXP ₁ ve Gr ₃	ILI ₂	10	0,917
1	if Y ₄ ve OHS ₂ ve CG ve Gr ₇	ILI ₄	1	0,667

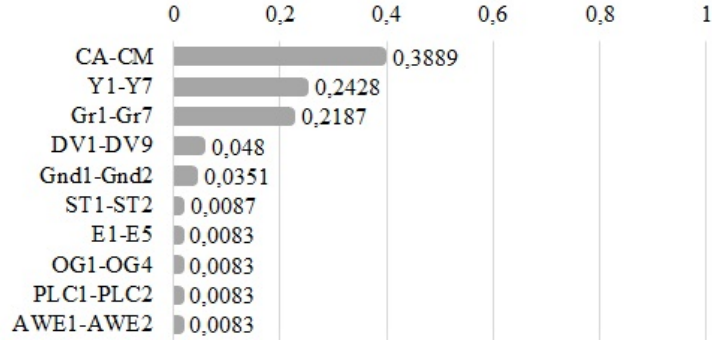
Tablo 8. İşgöremezlik yok (ILI₁) ve yaralanma (ILI₂) ile sonuçlanan kazalar için C&RT ile elde edilen kurallar
(For accidents resulting in no incapacity (ILI₁) and injuries (ILI₂), rules obtained from C&RT)

Düğüm	Kural	Sonuç	Sıklık	Olasılık %
10	if "CI, CJ" ve "Gr ₂ , Gr ₅ , Gr ₇ "	ILI ₁	3.733	0,801
19	if "CF, CA, CB" ve Gnd ₁ ve "Gr ₂ , Gr ₅ , Gr ₇ "	ILI ₁	2.387	0,619
40	if "CF, CA, CB" ve "Gr ₅ , Gr ₇ " ve Erkek	ILI ₁	2.500	0,601
17	if CA ve "Gr ₁ , Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ " ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₁	2.762	0,586
35	if "CF, CI, CJ, CB" ve Gnd ₁ ve "Gr ₁ , Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ " ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₁	1.748	0,569
46	if "CD, CK, CM" ve "Gr ₄ , Gr ₅ , Gr ₇ " ve "Y ₄ , Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₁	2.260	0,528
7	if "CF, CI, CJ, CA, CB" ve "Gr ₁ , Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ " ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ , Y ₄ "	ILI ₂	7.859	0,650
36	if "CF, CI, CJ" "CB" ve Gnd ₂ ve "Gr ₁ , Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ " ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₂	4.054	0,563
39	if "CF, CA, CB" ve Gr ₂ ve Gnd ₂	ILI ₂	2.151	0,526
5	if "CC, CD, CE, CG, CH, CK, CL, CM" ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ "	ILI ₂	26.378	0,741
13	if "CE, CH" ve "Y ₄ , Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₂	18.477	0,663
29	if "CC, CD, CG, CK, CL, CM" ve "Gr ₂ , Gr ₁ , Gr ₃ , Gr ₆ "	ILI ₂	19.524	0,597
45	if "CC, CG, CL" ve, Gr ₄ , Gr ₅ , Gr ₇ " ve "Y ₄ , Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₂	3.711	0,566

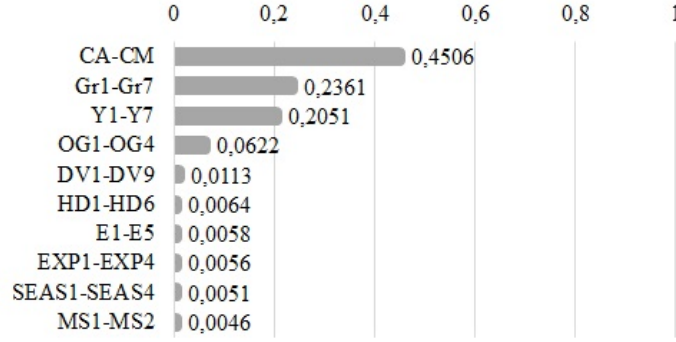
**Şekil 7.** Hedef değişken ILI₁-ILI₄ için C&RT algoritması ile elde edilen öngörücülerin önemi
(Importance of predictor obtained by C&RT algorithm for target variables: ILI₁-ILI₄)

Tablo 9. İşgöremezlik yok (ILI₁) ve yaralanma (ILI₂) ile sonuçlanan kazalar için QUEST ile elde edilen kurallar
(For accidents resulting in no incapacity (ILI₁) and injuries (ILI₂), rules obtained from QUEST)

Düğüm	Kural	Sonuç	Sıklık	Olasılık %
5	if "CA, CI, CJ" ve "Gr ₂ , Gr ₇ "	ILI ₁	5.810	0,706
31	if CB ve Gnd ₂ ve Gr ₇ ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₁	858	0,649
21	if "CD, CF, CG, CL, CM, CB" ve Gr ₇ ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ , Y ₄ "	ILI ₁	715	0,622
18	if CB ve Gnd ₁ ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₁	2.210	0,594
27	if "CC, CE, CH" ve ST ₂ ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₁	211	0,586
41	if "CA" ve "Gr ₁ , Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ , Gr ₅ " ve "Y ₄ , Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₁	3.868	0,573
35	if "CC, CE, CH, CK" ve Gr ₇ ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ , Y ₄ " ve "DV ₃ , DV ₄ , DV ₅ , DV ₇ , DV ₆ , DV ₈ "	ILI ₁	78	0,484
36	if "CC, CE, CH, CK" ve "Gr ₂ , Gr ₁ " "Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ , Gr ₅ " ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ , Y ₄ " ve "DV ₃ , DV ₅ , DV ₇ , DV ₄ , DV ₆ , DV ₈ "	ILI ₂	20.506	0,757
22	if "CD, CF, CG, CL, CM, CB" ve "Gr ₂ , Gr ₁ " "Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ , Gr ₅ " ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ , Y ₄ "	ILI ₂	20.010	0,664
28	if "CC, CE, CH" ve ST ₁ ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₂	16.517	0,652
26	if CJ ve "Gr ₁ , Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ , Gr ₅ "	ILI ₂	3.077	0,634
14	if CI ve "Gr ₁ , Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ , Gr ₅ "	ILI ₂	211	0,608
20	if "CC, CE, CH, CK" ve Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ , Y ₄ " ve "DV ₂ , DV ₉ , DV ₁ "	ILI ₂	449	0,583
42	if CA ve "Gr ₁ , Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ , Gr ₅ " ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ "	ILI ₂	1.487	0,579
16	if "CD, CF, CG, CK, CL" "CM" ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₂	17.807	0,564
32	if "CB" ve "Gr ₂ , Gr ₁ " "Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ , Gr ₅ " ve Erkek ve "Y ₅ , Y ₆ , Y ₇ "	ILI ₂	3.443	0,537

**Şekil 8.** Hedef değişken ILI₁-ILI₄ için QUEST algoritması ile elde edilen öngörücülerin önemi
(Importance of predictor obtained by QUEST algorithm for target variables: ILI₁-ILI₄)**Tablo 10.** İşgöremezlik yok (ILI₁) ve yaralanma (ILI₂) ile sonuçlanan kazalar için CHAID ile elde edilen kurallar
(For accidents resulting in no incapacity (ILI₁) and injuries (ILI₂), rules obtained from CHAID)

Düğüm	Kural	Sonuç	Sıklık	Olasılık %
84	if "CI, CJ" ve "Gr ₂ , Gr ₆ " ve OG ₃	ILI ₁	3.988	0,947
42	if CA ve Gr ₁ ve "OG ₁ , OG ₄ "	ILI ₁	1.982	0,657
13	if CA ve "Gr ₆ , Gr ₅ "	ILI ₁	1.712	0,656
83	if "CI, CJ" ve "Gr ₂ , Gr ₆ " ve "OG ₁ , OG ₂ , OG ₄ "	ILI ₁	1.250	0,580
11	if CA ve Gr ₂	ILI ₁	2.805	0,580
17	if CB ve Y ₇	ILI ₁	3.426	0,561
49	if CB ve Y ₆ ve "HD ₂ , HD ₅ , HD ₄ , HD ₆ "	ILI ₁	1.885	0,544
47	if CB ve "Gr ₂ , Gr ₅ , Gr ₇ " ve "Y ₄ , Y ₃ "	ILI ₁	1.437	0,529
74	if "CF, CM" ve "SEAS ₃ , SEAS ₂ " ve "Gr ₃ , Gr ₄ , Gr ₆ , Gr ₇ "	ILI ₁	1.346	0,517
23	if "CD, CL" ve Y ₇	ILI ₁	2.367	0,508
57	if "CE, CH" ve Gr ₁ ve Y ₂	ILI ₂	3.049	0,820
55	if "CE, CH" ve Gr ₁ ve Y ₁	ILI ₂	2.474	0,817
59	if "CE, CH" ve MS ₁ ve Y ₃	ILI ₂	4.142	0,787
89	if "CE, CH" ve "SEAS ₄ , SEAS ₁ " ve Gr ₁ ve Y ₄	ILI ₂	1.660	0,765
58	if "CE, CH" ve "Gr ₂ " "Gr ₄ , Gr ₃ , Gr ₆ , Gr ₅ " "Gr ₇ " ve Y ₂	ILI ₂	2.750	0,761
18	if CC ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ "	ILI ₂	2.506	0,743
60	if "CE, CH" ve MS ₂ ve Y ₃	ILI ₂	1.939	0,743
62	if "CE, CH" ve "Gr ₂ " "Gr ₃ , Gr ₄ , Gr ₅ , Gr ₆ , Gr ₇ " ve Y ₁	ILI ₂	2.645	0,733
20	if "CD, CL" ve "Y ₁ , Y ₂ "	ILI ₂	3.120	0,732
70	if "CF, CM" ve "Gr ₁ , Gr ₂ , Gr ₅ " ve "Y ₁ , Y ₂ , Y ₃ "	ILI ₂	2.247	0,731



Şekil 9. Hedef değişken ILI₁-ILI₄ için CHAID algoritması ile elde edilen öngörücülerin önemi (Importance of predictor obtained by CHAID algorithm for target variables: ILI₁-ILI₄)

3.3. Karar Ağacı Analizi Sonuçları (Results of Decision Tree Analysis)

Bu çalışmada çok durumlu logit modelleme yapılarak, iş göremezliğin olmamasına göre sırasıyla yaralanmalı kazalar, uzuv kayıplı kazalar ve ölümlü kazalar için elde edilen modellerde önemli olduğu belirlenen 18 bağımsız değişken dikkate alınarak iş göremezlik düzeyi bakımından karar ağacı analizi yürütülmüştür. Çalışmada, Rapidminer gibi benzer yazılım araçları karşısında daha iyi performans gösterdiği bilinen IBM SPSS Modeler 18.2 software aracından yararlanılmıştır [49]. Sırasıyla, C5.0 algoritması (sonuç tipi: karar ağacı ve kural kümesi), Bayes ağı, Sınıflandırma ve regresyon ağaçları (C&RT), Kuaterniyon tahmini (QUEST), Ki-kare otomatik etkileşim dedektörü (CHAID), Çok terimli lojistik regresyon modeli (Multinomial Logistic Regression Model: MLRM), Sinir ağları (Neural Network: NN), Rastgele ağaçlar (RF) algoritmaları ile training/testing: 70/30 ile çalışılmıştır. Elde edilen sınıflandırma doğruluk % ise Şekil 4'te verilmiştir.

İş göremezlik durumuna göre iş kazaları 18 kaza değişkeni bakımından C5.0 algoritması (sonuç tipi: karar ağacı) ile % 71,35 doğruluk düzeyi ile sınıflandırılmıştır (ağaç derinliği= 15, önemli öngörücü sayısı= 10). IL₁ için 2.517 kural (olasılık: % 1,00-0,500), IL₂ için 2.749 kural (olasılık: % 1,00-0,528), IL₃ için 5 kural (olasılık %= 1,00) ve IL₄ için 7 kural (olasılık %= 1,00) elde edilmiştir. Toplam 7.352 kural arasından kural seçimi yapmak için kural sıklığı ≥ 500 , % olasılık $\geq 0,700$ koşulunu sağlayan ilk IL₁ ve IL₂ için ilk 10 kural Tablo 6'da verilmiştir. Kaza değişkenlerinin iş göremezlik durumu üzerindeki etki ağırlığı ise Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre iş göremezlik sonucu için en önemli tahmin değişkeni sektör bölümü CA-CM olmuştur. Mutlu ve Altuntaş [50] çalışmasında, yalnızca tekstil sektöründe yaşanan kazaları çok durumlu logit model kullanmaksızın karar ağacı analizi yürüterek, kaza şiddet düzeyi üzerindeki etki ağırlığı ise Şekil 5'te verilmiştir. CHAID algoritmasına göre kaza esnasında kullanılan alet-nesne-ekipman, ECHAID algoritmasına göre ise kaza esnasındaki yaralanmaya neden olan temas türü olduğunu göstermiştir. C5.0 algoritması ile (sonuç tipi: kural kümeleri) ile de % 70,23 doğruluk düzeyi ile sınıflama gerçekleşmiştir. Sonucu IL₁ olan 1.253 kural (olasılık: % 0,962-0,380), sonucu IL₂ olan 308 kural (olasılık: % 0,950-0,607), sonucu IL₄ olan % 0,667 olasılıklı 1 kural elde edilmiştir. IL₁ ve IL₂ için olasılık % değeri en yüksek olan ilk 10 kural ile IL₄ için elde edilen bir kural Tablo 7'de gösterilmiştir. Kaza değişkenlerinin iş göremezlik durumu üzerindeki etki ağırlığı Şekil 6'da verilmiştir. İş göremezlik sonucu için en önemli tahmin değişkeni bölüm: CA-CM olmuştur. İş göremezlik durumuna göre iş kazaları 18 kaza değişkeni bakımından C&RT algoritması ile % 64,63 doğrulukta sınıflandırılmıştır (ağaç derinliği= 5, önemli öngörücü sayısı= 12). IL₁ için 6 kural (olasılık: % 0,528-0,801) ve IL₂ için 7 kural elde edilen 13 kural (olasılık: % 0,526-0,741) Tablo 8'de verilmiştir. Kaza değişkenlerinin iş göremezlik durumu üzerindeki etki ağırlığı Şekil

7'de verilmiştir. İş göremezlik sonucu için en önemli tahmin değişkeni sektör bölümü: CA-CM olmuştur.

İş göremezlik durumuna göre QUEST algoritması ile de % 64,46 doğrulukta sınıflandırılmıştır. (ağaç derinliği= 5, önemli öngörücü sayısı= 13). IL₁ için 7 kural (olasılık: % 0,484-0,757), IL₂ için 9 kural elde edilmiştir (Tablo 9). Kaza değişkenlerinin iş göremezlik durumu üzerindeki etki ağırlığı Şekil 8'de verilmiştir. İş göremezlik sonucu için en önemli tahmin değişkeni sektör bölümü: CA-CM olmuştur.

İş göremezlik durumuna göre iş kazaları 18 kaza değişkeni bakımından CHAID algoritması ile % 64,36 doğrulukta sınıflandırılmıştır. Ağaç derinliği 5 olup iş göremezlik durumu için etkili olan 12 öngörücü değişkene göre karar ağacı oluşmuştur. IL₁ ile sonuçlanan % 0,947-0,502 olasılık aralığında toplam 11 kural, IL₂ ile sonuçlanan % 0,820-0,501 olasılık aralığında toplam 52 kural elde edilmiştir. Söz konusu kurallardan % olasılık değeri en yüksek ilk 10 kural Tablo 10'da, kaza değişkenlerinin iş göremezlik durumu üzerindeki etki ağırlığı Şekil 9'da verilmiştir.

4. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışma, imalat sanayi'nde tekrar eden iş kazalarını azaltmaya yarayan etkili tedbirler geliştirebilmek, mevcut tedbirleri gözden geçirmeye yardımcı bilgiler elde etmek amacıyla yürütülmüştür. İmalat sanayi'nde yaşanan iş kaza verileri hem ekonometrik yöntemlerden multinomial logit model ile hem de veri madenciliği tekniklerinden karar ağacı algoritmaları ile modellenmiştir. Çok durumlu logit model ile iş göremezliğin olmaması durumuna göre yaralanmalı, uzuv kayıplı ve ölümlü kazalar için elde edilen modellerin üçü için anlamlı etkiye sahip kaza faktörlerinin kuruluş bilgilerinden sektör bölümü, coğrafi bölge, kaza bilgilerinden sapma olay, saat-gün, kaza yılı, kazazede bilgilerinden cinsiyet ve yaş olmuştur. Karar ağacı analizi ile ise 18 kaza değişkeni türlerinin bir arda olmalarına göre ortaya çıkan işgöremezlik durumu modellenmiştir.

Çalışanların yaralanmalı veya uzuv kayıplı kaza ile karşılaşması özel sektörde çalışıyor olmanın bir fonksiyonudur. İmalat sanayi'nde çalışanların, iş göremezliğin olmamasına göre uzuv kayıplı kazalar ile karşılaşma olasılığı, Akdeniz bölgesi, Anatolian Region ve Güney Doğu Anadolu bölgesi, 08:00-11:59 gün içerisinde saat, ilkbahar mevsimi, DV₅: makinenin, taşıma veya elleçleme ekipmanının, el aletinin, nesnenin, hayvanın kontrolünün (tamamen veya kısmen) kaybı - belirtilmemiş, DV₆: kayma - tökezleme ve düşme - kişilerin düşmesi - belirtilmemiş, DV₇: herhangi bir fiziksel stres olmaksızın vücut hareketi (genellikle harici bir yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş ve DV₈: fiziksel stres altında veya fiziksel stresle birlikte vücut hareketi (genellikle bir iç yaralanmaya yol açar) - belirtilmemiş

kaza başlatıcı olay olduğunda, mesleği OG₂: tesis ve makine operatörleri ve montajcıları meslek grubundaki çalışanlarda, 45+ yaş grubu çalışanlarda, [0, 4) yıl iş tecrübeli olan, cinsiyeti erkek, medeni durumu evli, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış olan çalışan gruplarda artmaktadır. İş göremezliğin olmaması durumuna göre ölümlü kaza olasılığı ise Marmara bölgesine göre Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgesinde, haftanın diğer günlerine göre Pazartesi iş gününde, DV₂: elektrik kaynaklı problemler, patlama ve yangın - belirtilmemiş sapma olay sapma olay yaşandığında, erkek, 45 yaş ve üzerinde olan çalışanların, CG: kauçuk ve plastik ürünlerin ve diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı, CH: makine ve teçhizat hariç, temel metallerin ve fabrikasyon metal ürünlerin imalatı yapan işyerlerinde görev yapanlar ve iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış olan çalışanlarda artmaktadır.

Karar ağacı analizi ile en yüksek doğrulukta C5.0 (sonuç tipi: karar ağacı) algoritması ile işgöremezlik durumu bakımından iş kazaları sınıflandırılmıştır. Kaza karar kuralları ile iş göremezliğin olmaması ve yaralanma ile sonuçlanması durumu için elde edilen karar kuralları ile hangi kaza faktörlerinin bir arada olduğunu görme fırsatı sunulmuştur. Sınıflandırma doğruluk düzeyi %71,35-%64,36 olan algoritmalara göre iş göremezlik düzeyinin ilk beş belirleyicisi arasında sektör bölümü (CA-AM), kazanın yaşandığı coğrafi bölge (Gr₁-Gr₇), yıl (Y₁-Y₇), meslek grubu (OG₁-OG₄), cinsiyet (Gnd₁-Gnd₂), saat-gün (HD₁-HD₆), yaş (AGE₁-AGE₄), sapma (DV₁-DV₉) vardır. İş göremezliğin olmaması ve yaralanmalı kaza ile sonuçlanan kazaları açıklayan 83 kaza karar kuralı sunulmuştur. Kaza sonucu belirleyicileri, kaza problemi çözümü için anahtar özellikler olarak dikakte alınarak, sağlık ve güvenlik yönetim sistemini güçlendirmek için politikalar geliştirilmelidir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu işveren, iş güvenliği uzmanı ve sigorta şirketlerinin karar vermelerini destekleyecek bilgilerdir. İş göremezliğin olmaması durumuna göre yaralanmalı, uzuv kayıplı ve ölümlü kazaları artıran organizasyonel faktörler, kaza bilgileri ve kazada bilgileri öncelikle tehlike kontrol hiyerarşisi kapsamında değerlendirilmelidir. Mevcut tedbirlerin yeterliliği değerlendirilmeli ve iş sağlığı ve güvenliğini temin etmeye yönelik maliyetler işverence karşılanmalıdır. Bu sayede, çalışanlar için daha insancıl bir çalışma ortamı ve görev ile iş güvenliği, süreklilik ve performans artışı sağlanabilecektir.

Kaynaklar (References)

1. Eurostat. NACE Rev. 2 Statistical classification of economic activities in the European Community. Official Publications of the European Communities, <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF>. 112-285. Yayın tarihi 2008. Erişim Tarihi Mayıs 20, 2020.
2. Min, J., Kim, Y., Lee, S., Jang, T. W., Kim, I., & Song, J., The fourth industrial revolution and its impact on occupational health and safety, worker's compensation and labor conditions, *Safety and Health at Work*, 10 (4), 400-408, 2019.
3. Felknor, S. A., Streit, J. M., McDaniel, M., Schulte, P. A., Chosewood, L. C., & Delclos, G. L., How Will the Future of Work Shape OSH Research and Practice? A Workshop Summary, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (11), 5696, 2022.
4. T.C. SGK İstatistik Yıllığı, 2013, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari, Yayın tarihi 2014. Erişim Tarihi Temmuz 5, 2020.
5. T.C. SGK İstatistik Yıllığı, 2014, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari, Yayın tarihi 2015. Erişim Tarihi Temmuz 5, 2020.
6. T.C. SGK İstatistik Yıllığı, 2015, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari, Yayın tarihi 2016. Erişim Tarihi Temmuz 5, 2020.
7. T.C. SGK İstatistik Yıllığı, 2016, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari, Yayın tarihi 2017. Erişim Tarihi Temmuz 5, 2020.
8. T.C. SGK İstatistik Yıllığı, 2017, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari, Yayın tarihi 2018. Erişim Tarihi Temmuz 5, 2020.
9. T.C. SGK İstatistik Yıllığı, 2018, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari, Yayın tarihi 2019. Erişim Tarihi Temmuz 5, 2020.
10. T.C. SGK İstatistik Yıllığı, 2019, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari, Yayın tarihi 2020. Erişim Tarihi Temmuz 5, 2020.
11. T.C. SGK İstatistik Yıllığı, 2020, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari, Yayın tarihi 2021. Erişim Tarihi Eylül 6, 2021.
12. Tunji-Olayeni, P. F., Afolabi, A. O., Olowookere, E. I., Okpalamoka, O. I., & Oluwatobi, A. O., Implications of occupational hazards on attainment of the Sustainable Development Goals in the Nigerian Construction Industry, In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kazimierz Dolny-Poland, 640 (1), 012129, 2019.
13. Hasle, P., & Vang, J., Designing better interventions: insights from research on decent work, *Journal of Supply Chain Management*, 57 (2), 58-70, 2021.
14. Kazanin, O. I., Rudakov, M. L., & Kolvakh, K. A., Occupational safety and health in the sector of coal mining, *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9 (6), 1333-1339, 2018.
15. Stemm, E., Ntsiful, F., Azadah, M. A., & Joe-Asare, T., Incident causal factors and the reasons for conducting investigations: a study of five ghanaiian large-scale mines, *Safety*, 6 (1), 9, 2020.
16. Lombardi, M., Fargnoli, M., & Parise, G., Risk profiling from the european statistics on accidents at work (ESAW) accidents' databases: A case study in construction sites, *International journal of environmental research and public health*, 16 (23), 4748, 2019.
17. Goh, Y. M., & Ubeynarayana, C. U., Construction accident narrative classification: An evaluation of text mining techniques, *Accident Analysis & Prevention*, 108, 122-130, 2017.
18. Altunkaynak, B., A statistical study of occupational accidents in the manufacturing industry in Turkey, *International journal of industrial ergonomics*, 66, 101-109, 2018.
19. Oduoza, C. F., Framework for sustainable risk management in the manufacturing sector, *Procedia Manufacturing*, 51, 1290-1297, 2020.
20. Eskandari, D., Charkhand, H., Jafari, M. J., Pouyakian, M., Torshizi, Y. F., & Mehrabi, Y., Development of a leading indicator for assessing the organization's safety performance based on fuzzy AHP, *Iran Occupational Health*, 17 (53), 2020.
21. Alkan, G., Farrow, R., Liu, H., Moore, C., Ng, H. K. T., Stokes, L., ... & Zhong, Y., Predictive modeling of maximum injury severity and potential economic cost in a car accident based on the General Estimates System data, *Computational Statistics*, 36 (3), 1561-1575, 2021.
22. Alicioglu, G., Sun, B., & Ho, S. S., Assessing Accident Risk using Ordinal Regression and Multinomial Logistic Regression Data Generation, In 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Glasgow-UK, 1-8, 2020.
23. Zhou, B., Wang, X., Zhang, S., Li, Z., Sun, S., Shu, K., & Sun, Q., Comparing factors affecting injury severity of passenger car and truck drivers, *IEEE Access*, 8, 153849-153861, 2020.
24. Rezapour, M., Molan, A. M., & Ksaibati, K., Application of multinomial regression model to identify parameters impacting traffic barrier crash severity, *The Open Transportation Journal*, 13 (1), 2019.
25. Sarkar, S., Raj, R., Vinay, S., Maiti, J., & Pratihari, D. K., An optimization-based decision tree approach for predicting slip-trip-fall accidents at work, *Safety science*, 118, 57-69, 2019.
26. Basha, S. A., & Maiti, J., Relationships of demographic factors, job risk perception and work injury in a steel plant in India, *Safety science*, 51 (1), 374-381, 2013.
27. Park, R. M., Ahn, Y. S., Stayner, L. T., Kang, S. K., & Jang, J. K., Mortality of iron and steel workers in Korea, *American journal of industrial medicine*, 48 (3), 194-204, 2005.
28. Konstandinidou, M., Nivolianitou, Z., Kefalogianni, E., & Caroni, C., In-depth analysis of the causal factors of incidents reported in the Greek petrochemical industry, *Reliability Engineering & System Safety*, 96 (11), 1448-1455, 2011.

29. Hosmer Jr, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X., Applied logistic regression, 398. John Wiley & Sons, 2013.
30. Kwak, C., & Clayton-Matthews, A., Multinomial logistic regression, Nursing research, 51 (6), 404-410, 2002.
31. Güyagüler, T., & Bozkurt, R., Kömür Madencilğinde Meydana Gelen İş Kazalarının Maliyetleri, Türkiye, 8, 331-343, 1992.
32. Declaration on Occupational Health and Safety in Workplace Hazard Classes, No: 28509. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121226-11.htm>, Yayın tarihi 2012. Erişim Tarihi Ekim 28, 2021.
33. Hausman, J. ve McFadden, D., Specification Tests for the Multinomial Logit Model, Econometrica, 52, 1219-1240, 1984.
34. Liao, T. F. Interpreting probability models: Logit, probit, and other generalized linear models, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.1994.
35. Long, J. S. Regression models for categorical and limited dependent variables. Thousand Oaks CA: Sage Publications. 1997.
36. Farahbod, H., Ghiyasi, S., & Soltanzadeh, A., Association of Non-Organizational Factors and Occupational Accidents: A Field Study based on Structural Equation Modeling. Journal of Occupational Health and Epidemiology, 10 (1), 31-38, 2021.
37. Kurt Gök, D., Ünal, İ., & Aslan-Kara, K., Evaluation of the effects of shift work on parasomnia prevalence, Chronobiology International, 38(10), 1500-1506, 2021.
38. Rajaratnam, S. M., Howard, M. E., & Grunstein, R. R., Sleep loss and circadian disruption in shift work: health burden and management, Medical Journal of Australia, 199, S11-S15, 2013.
39. Szóstak, M., Analysis of occupational accidents in the construction industry with regards to selected time parameters, Open Engineering, 9 (1), 312-320, 2019.
40. Izadi, N., Aminian, O., & Esmaceli, B., Occupational Accidents in Iran: Risk Factors and Long Term Trend (2007–2016), Journal of research in health sciences, 19 (2), e00448, 2019.
41. Pietilä, J., Räsänen, T., Reiman, A., Ratilainen, H., & Helander, E., Characteristics and determinants of recurrent occupational accidents, Safety science, 108, 269-277, 2018.
42. Allman, M., Allmanová, Z., & Jankovský, M., Is cable yarding a dangerous occupation? A Survey from the public and private sector, Central European Forestry Journal, 64 (2), 127-132, 2018.
43. Mutlu N.G., Altuntaş, S., Monitoring technological changes with statistical control charts based on patent data, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 36 (4), 1875-1892, 2021.
44. de Medeiros Prudêncio, A. L., Marques, B. G., Aguiar, D. R., Lima, L. C., Cabral, L. D., Quadros, R. W., & Magajewski, F. R., Socioeconomic and demographic profile of occupational morbidity and mortality in Brazil from 2009 to 2016, Revista brasileira de medicina do trabalho, 19 (1), 68, 2021.
45. Rembiasz, M., Impact of employee age on the safe performance of production tasks. In MATEC Web of Conferences, 94, 07009, 2017.
46. Yi, K. H., & Lee, S. S., A policy intervention study to identify high-risk groups to prevent industrial accidents in Republic of Korea, Safety and health at work, 7 (3), 213-217, 2016.
47. Nola, A., Cattaneo, G., Maiocchi, A., Gariboldi, C., Rocchi, R., Cavallaro, S., ... & Bassino, P., Occupational accidents in temporary work, La Medicina Del Lavoro, 92 (4), 281-285, 2001.
48. Nodoushan, R. J., Akhavan, A., Miyanshahri, M. E., & Anoosheh, V. S., Investigation of the relationship between occupational cognitive failures and work-related accidents in heavy equipment operators of Shahid Rajaei port complex, Journal of Education and Health Promotion, 9 (1), 189, 2020.
49. Abdar, M., A survey and compare the performance of IBM SPSS modeler and rapid miner software for predicting liver disease by using various data mining algorithms, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 36 (3), 3230-3241, 2015.
50. Mutlu, N.G., Altuntas, S. Analyzing factors influencing the severity of occupational accidents in textile industry using decision tree algorithms, Cluster Computing, <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03958-9>. 1-39, 2023.