

Türkiye’de İş Kazalarından Kaynaklanan Ölüm ve Sürekli İş Göremezlik Vakalarının Regresyonla Tahmini

Prediction of Death and Permanent Incapacity Numbers Resulting From Occupational Accidents in Turkey by Using Regression Analysis

Hüseyin CEYLAN¹

¹Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksek Okulu, 71450 KIRIKKALE

Başvuru/Received: 09/01/2016

Kabul/Accepted: 11/03/2016

Son Versiyon/Final Version: 15/06/2016

Öz

Bu çalışmada Regresyon Analizi (RA) kullanılarak Türkiye geneli için iş kazası tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller kullanılarak Türkiye'nin 2025 yılına kadar olan süreçte, iş kazası sonucu ölüm ve sürekli iş göremezlik vaka sayıları farklı üç senaryo dahilinde tahmin edilmiştir. Model geliştirilirken sigortalı işçi, işyeri, iş kazası, iş kazası sonucu ölüm ve sürekli iş göremezlik sayıları model parametreleri olarak kullanılmış ve bu parametrelere ait 1970-2012 yılları arasındaki resmi verilerden yararlanılmıştır. Regresyon Analizinde doğrusal fonksiyon kullanılmıştır. Modellerde kullanılan bu fonksiyonda; x1 sigortalı işçi sayısını, x2 işyeri sayısını, x3 iş kazası sayısını, y1 iş kazası sonucu ölüm vaka sayısını, y2 ise iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik vaka sayısını temsil etmektedir. $\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_1$, $\hat{\beta}_2$ ve $\hat{\beta}_3$ doğrusal fonksiyonun sabitleridir. Çalışmada öncelikle 1970-2012 arasındaki kaza verileri kullanılarak doğrusal regresyon fonksiyonu elde edilmiştir. Sonra bu regresyon fonksiyonuna 1970-2012 arasındaki kaza verileri tahmin ettirilmiştir. Çıkan sonuç gerçek değerlerle kıyaslanmış ve regresyon analizi metodunun iş kazası tahmin modelleri için uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen modellerin performansları Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH) ve Ortalama Mutlak Hata (OMH) ölçütleri içinde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

“İş Kazası, Kaza Tahmin Modelleri, Regresyon Analizi, Türkiye”

Abstract

In this study, occupational accident estimation models were developed by using regression analysis (RA) method for Turkey. Using these models death and permanent incapacity numbers resulting from occupational accidents was estimated for Turkey until the year 2025 by the three different scenarios. In the development of the models, insured workers, work place, occupational accident, death and permanent incapacity values were used as model parameters with official data between 1970 and 2012. In the Regression Analysis linear function is used. According to this function; x1 represents number of insured workers; x2 represents number of workplaces; x3 represents number of occupational accidents; y1 represents deaths resulting from occupational accidents; y2 represents permanent incapacities resulting from occupational accidents. $\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_1$, $\hat{\beta}_2$ and $\hat{\beta}_3$ are the constant of the liner function. First accident data between 1970-2012 was used to obtain the linear regression function. Then by using this regression function estimated accident data for the years 1970 to 2012 were evaluated. When real and estimated data compared, it was seen that regression analysis method is suitable for estimation of occupational accidents. The performances of developed models were evaluated by the use of Mean Absolute Percent Errors (MAPE) and Mean Absolute Errors (MAE).

Key Words

“Occupational Accident, Accident Prediction Models, Regression Analysis, Turkey”

1.GİRİŞ

Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde nüfusun büyük bir bölümünü çalışanlar oluşturmaktadır. Hızla artan tüketim ihtiyacı ve oluşan rekabet ortamı; sanayileşme, teknoloji kullanımı ve üretim hızındaki artışı da beraberinde getirmektedir. Gelişen teknolojiye paralel olarak üretim sistemleri de gün geçtikçe daha karmaşık bir hale gelmektedir. Tüm bunların sonucu olarak, işyerlerindeki çalışılan ortamlar ve çalışma koşullarından kaynaklanan riskler, çalışanları gün geçtikçe daha fazla tehdit etmektedir. Kötü çalışma koşullarına bağlı olarak artan iş kazalarını minimize etmek amacıyla özellikle sanayileşmiş ülkeler, İş Sağlığı ve Güvenliği'ni (İSG) iyileştirme çabası içine girmişlerdir.

İş kazaları, tüm ülkelerinde büyük sosyo-ekonomik kayıplara neden olmaktadır. ILO'ya göre iş kazası ve bunun sonucu olarak oluşan ölüm vakası sayıları gün be gün artma eğilimindedir. Ancak, son yıllarda gelişmiş ülkelerinde alınan etkin önlemlerle iş kazaları ve bu kazaların olumsuz sonuçları sürekli olarak azalmaktadır. Bu durum iş kazalarının Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin için önemini daha da artırmaktadır.

İş kazaları ve bu kazaların sonucunda oluşan ölüm, yaralanma ve sakat kalma sayıları Türkiye için maddi-manevi kayıplar meydana getirirken, iş yapan kişiler için de ciddi bir iş güvenliği problemi oluşturmaktadır. Türkiye ekonomisinin hızla büyüdüğü, buna paralel olarak iş yeri ve çalışan sayısının arttığı günümüzde iş güvenliği hayati bir önem kazanmıştır. Sadece 2013 yılında Türkiye'de 191389 iş kazası meydana gelmiş ve bu kazalar neticesinde 1360 kişi hayatını yitirmiştir. Bir yıl 300 iş günü olarak kabul edildiğinde, Türkiye de her gün yaklaşık 637 iş kazası olmakta ve yine her gün 5 işçi hayatını kaybetmektedir. Bu değerler, Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistiklerinden elde edilen resmi sonuçlardır. Yani sadece resmi kayıt altına alınan vakalar için hesaplanan değerlerdir. Meydana gelen her kazanın resmi kayıt altına alınmadığı ve sigortasız olarak çalıştırılan işçilerin ise hiç hesaba katılmadığı düşünüldüğünde olayın boyutları daha da büyüyecektir.

Gelişmiş ülkelerde İSG ile ilgili alınan tedbirler işyeri örgütlenmeleri, riskli sektörler, genç-kadın çalışanlar gibi özel risk grupları ile küçük ve orta ölçekli işletmeler üzerine odaklanmaktadır. Türkiye'de iş kazalarının önlenmesi için iş güvenliği ile ilgili olarak yeni tedbirlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliğine yönelik, ihtiyaç, öncelik, politika ve stratejilerin belirlenmesinden Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı bünyesinde faaliyet gösteren 'İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü' sorumludur. Bu çerçevede, iş kazalarının önlenmesi; daha üretken ve daha güvenli çalışma koşullarının oluşturulabilmesi için ilgili planlama ve politikaların belirlenmesinde, ileriye yönelik kaza tahminleri ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tahminlerin güvenilirliği ise kazayı etkileyen parametrelere ait verilerin güvenilirliğine ve kullanılan istatistik analiz yöntemine bağlıdır.

Türkiye'de son on yılda ekonomi büyük bir büyüme trendine girmiştir. Şuan itibariyle Dünyanın en büyük 16ncı ekonomisi olan Türkiye, 2025 yılında Dünyanın en büyük ilk 10 ekonomisinden biri olmayı hedeflemektedir. Ekonomideki bu büyümeye paralel olarak, hem işletme hem de çalışan sayılarında ciddi artışlar olmuş; bunun sonucu olarak ta iş kazalarından etkilenen çalışanların sayısı kayda değer oranda artmıştır. Meydana gelen iş kazalarının neticesinde her gün birkaç çalışan ölmekte veya ağır yaralanmakta ama bu hadiseler ayrı ayrı değerlendirildiği zaman bu problemin önemi hem toplumca hem de devletçe yeterince kavranmamaktadır. Oysa Türkiye'de ortalama yılda 1500 çalışan iş kazaları neticesinde ölmekte 2100 çalışan ise sürekli iş göremez hale gelmektedir. Ayrıca bu rakamlar ekonomideki büyümeye paralel olarak artma eğilimindedir. Bu çalışmada Türkiye için zaten önemli bir problem olan ve ekonomideki büyümeye paralel olarak artma eğiliminde olan iş kazaları ve onun neticesi olan ölüm ve yaralanma vakası sayıları 2025 yılına kadar tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde hem sorunun gerçek boyutu ortaya konulmaya çalışılmış, hem de iş güvenliği konusunda karar alıcılara bir perspektif çizilmeye çalışılmıştır.

Farklı yaklaşımlar ve analizler kullanılarak literatürde pek çok kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Tahmin çalışmalarında Regresyon Analizleri (RA) ve Genetik algoritmaların (GA) yanı sıra yapay sinir ağları (YSA) da kullanılmaktadır. Ceylan, YSA kullanarak 2025 yılına kadar Türkiye için iş kazaları, iş kazaları sonucu ölüm ve sürekli iş göremezlik sayıları tahmin eden modeller geliştirilmiştir. Mussone ve diğerleri İtalya'nın Milan şehrindeki taşıtların sebep olduğu kazaları incelemek ve bir kaza modeli geliştirmek için YSA tekniklerinden faydalanmışlardır. Abdelwahap ve Abdel-Aty sinyalizasyon kavşaklarında meydana gelen trafik kazalarında sürücülerdeki yaralanma şiddetini tahmin etmek için YSA tekniğini kullanmışlardır. Benzer şekilde Delen ve diğerleri çarpışma ile ilgili faktörler ve yaralanma şiddeti arasındaki lineer olmayan ilişkiyi YSA yöntemi ile modellemeye çalışmışlardır. Chiou iki aracın çarpışmasından kaynaklanan kazalar için YSA tabanlı bir uzman sistem kullanmışlar ve bir kazanın meydana gelmesinde yol geçiş hakkı, kaza yeri ve alkol kullanımının etkili değişkenler olduğunu tespit etmiştir. Akgüngör ve Doğan YSA ve lineer olmayan regresyon tekniklerini kullanarak Türkiye için kaza, yaralı ve ölü sayılarını tahmin etmişler ve farklı hata ölçütleri kullanarak her iki yöntemden elde edilen modelleri birbirleri ile karşılaştırmışlardır. Sonuçta YSA model tahminlerinin lineer olmayan regresyon modeline göre daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir. Doğan ve Akgüngör YSA kullanarak Kırıkkale ili için trafik kaza sayılarını, yaralı ve ölü sayılarını tahmin eden modeller geliştirilmiştir. Doğan, Türkiye ve seçilen büyük kentleri için YSA ve GA gibi yapay zekâ tekniklerini regresyon analizi yöntemi ile karşılaştırmış ve yapay zekâ ile yapılan modellerin çok daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir. Akgüngör ve Doğan, YSA ve GA yöntemlerini kullanarak İstanbul için trafik kaza sayılarını, bu kazalara bağlı olarak meydana gelen yaralı ve ölü sayılarını tahmin eden modeller geliştirilmiştir.

Bu çalışmada Regresyon Analizi (RA) kullanılarak Türkiye geneli için iş kazası tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller kullanılarak Türkiye'nin 2025 yılına kadar olan süreçte, iş kazası sonucu ölüm ve sürekli iş göremezlik vaka sayıları farklı üç

senaryo dahilinde tahmin edilmiştir. Model geliştirilirken sigortalı işçi, işyeri, iş kazası, ölü ve iş göremezlik sayıları model parametreleri olarak kullanılmış ve bu parametrelere ait 1970–2010 yılları arasındaki verilerden yararlanılmıştır. Çıkan sonuç gerçek değerlerle kıyaslanmış ve uygulanabilir olduğu görülmüştür.

2. REGRESYON ANALİZİ

Regresyon analizi birden fazla değişken ve bunlar arasındaki bağıntıların incelenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Üzerinde durulan değişkenlerden bağımlı değişken y , bağımsız değişken x ise, $y=f(x)$ şeklindeki fonksiyona regresyon denir. $f(x)$ fonksiyonu doğrusal, parabolik, üstsel, geometrik veya hiperbolik olabilir.

$$\text{Doğrusal} \quad : y = ax + b \quad (1)$$

$$\text{Parabolik} \quad : y = ax^2 + b \quad (2)$$

$$\text{Üstsel} \quad : y = ab^x, y = ae^x \quad (3)$$

$$\text{Geometrik} \quad : y = ab^x \Rightarrow \log y = \log(ax) \quad (4)$$

$$\text{Hiperbolik} \quad : y=(ax+b)^{-1} \quad (5)$$

Regresyon analizi, **bağımsız değişken sayısına göre**; *Basit Regresyon Analizi* (tek bağımsız değişken) ve *Çoklu Regresyon Analizi* (birden çok bağımsız değişken) olmak üzere ikiye ayrılır. Özellikle sosyal bilimlerde herhangi bir değişkeni tek bir bağımsız değişkenle açıklamak mümkün değildir. Birçok değişken bir araya gelerek bir değişkeni etkileyebildikleri gibi, kendi aralarında da birbirlerini etkileyebilmektedir. Birden fazla bağımsız değişkenli analize “*Çoklu Regresyon Analizi*” adı verilmektedir. **Fonksiyon tipine göre ise**; *Doğrusal Regresyon Analizi* ve *Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi* olmak üzere yine iki çeşittir. Bu çalışmada çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır.

Regresyonda değişkenler, bağımlı değişkenler ve bağımsız değişkenler olarak iki gruba ayrılır. Bağımlı değişkenler, bağımsız değişkenler tarafından açıklanmaya çalışılan değişkendir. Regresyonda bağımlı değişkenler Y_i ve bağımsız değişkenler de X_j ile gösterilir.

Regresyonda, amaçlardan biri bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasıdır. Örneğin Y ile X arasında

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots) \quad (6)$$

gibi doğrusal bir ilişki öngörülüyorsa ilk adım modelin bilinmeyen α ve β parametrelerinin tahmin edilmesidir. Modelin bilinmeyen parametreleri tahmin edildiğinde bağımsız değişkenlerin farklı değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değeri tahmin etmek regresyonda bir diğer amaçtır.

Basit regresyon analizinde bağımlı değişken Y ile gösterilirken, bağımsız değişken X ile gösterilir. Çoklu regresyon analizinde ise bağımlı değişkenler Y_i ile bağımsız değişkenler X_1, X_2, \dots, X_k ile gösterilecektir.

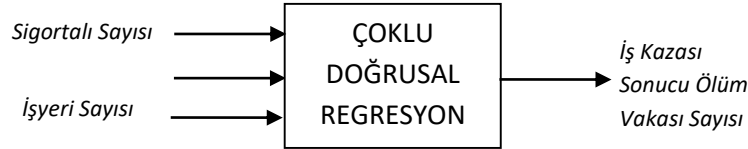
$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

3. İŞ KAZASI İÇİN YSA TAHMİN MODELİ

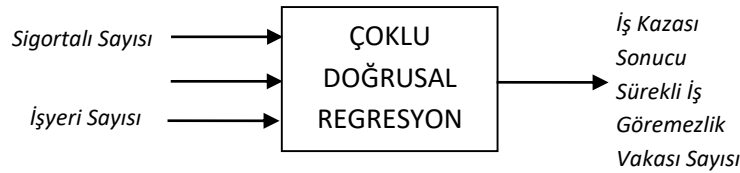
Genel olarak iş kazalarının tek bir nedeni yoktur, birçok faktörün birbirleri ile etkileşimleri neticesinde meydana gelmektedir. Çalışanların yorgun ve dikkatsiz olması, aşırı yük kaldırma, tezgâhların emniyet tedbirlerinin yeterince olmaması, yetkisiz kişilerin çalıştırılması, yetersiz ve uygun olmayan makine ve koruyucu teçhizat kullanılması, düzensiz ve dağınık işyeri ortamı, cihazların gerekli bakımlarının yapılmaması, gerekli uyarı işaret ve yazılarının konmamış olması, iletişim eksikliği gibi birçok etken kazalara neden olmaktadır. Ancak kazaya etki eden bütün parametrelerin bir model üzerinde toplanması çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Ayrıca, modelin pratik olarak kullanılabilirliği açısından da uygun değildir. Bundan dolayı geliştirilecek olan modelin basit ve güvenilir olması arzu edilmektedir. Bu nedenle Türkiye için geliştirilen kaza tahmin modellerinde, model parametreleri olarak, kazalarla doğrudan ilişkili olduğu düşünülen *işyeri sayısı*, *sigortalı çalışan sayısı*, *iş kazası sayısı*, *iş kazası sonucu ölüm vakası sayısı* ve *iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik vakası sayısı* kullanılmıştır (Tablo-1, Şekil-1, Şekil-2). Bu parametrelere ait verilere kolay ulaşılabilmesi ve geliştirilen modelin bir fabrikaya bir bölgeye ait değil de tüm ülkeyi kapsayan genel bir model olması da diğer tercih sebepleridir. Bu çalışmada kullanılan ve Tablo-2’de verilen, 1970-2012 yıllarını kapsayan *işyeri sayısı*, *sigortalı çalışan sayısı*, *iş kazası sayısı*, *iş kazası sonucu ölüm vakası sayısı* ve *iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik vakası sayılarına* ait olan veriler Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistik yıllıklarından çıkarılmıştır.

Tablo 1: Çoklu Doğrusal Regresyon Analizinde Kullanılan Girdi ve Çıktılar

X_1	Çalışan Sayısı
X_2	İşyeri Sayısı
X_3	İş Kazası Sayısı
Y_1	İş Kazası Sonucu Ölüm Vakası Sayısı
Y_2	İş Kazası Sonucu Sürekli İş Göremezlik Vakası Sayısı



Şekil 1. İş Kazası Sonucu Ölüm Vakası Sayısı İçin RA Modeli



Şekil 2. Sürekli İş Göremezlik Vakası Sayısı İçin RA Modeli

Tablo 2: 1970–2010 Yılları Arasında Türkiye'nin Zorunlu Sigortalı Sayısı, İş Yeri Sayısı, İş Kazası Sayısı, Ölen Kişi Sayısı, Sürekli İş Görmezlik Sayısı

YILLA R	ZORUNLU SİGORTALI SAYISI	İŞ YERİ SAYISI	İŞ KAZASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU ÖLÜM VAKASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK VAKASISAYISI
1970	1.313.500	109.391	144.483	679	2480
1971	1.404.816	154.812	148.822	583	2574
1972	1.525.012	174.344	160.585	682	2359
1973	1.649.079	184.427	176.993	822	2372
1974	1.799.998	195.929	180.375	983	2643
1975	1.823.338	205.441	182.601	855	2560
1976	2.017.875	216.941	196.341	947	2659
1977	2.191.251	229.198	199.961	1.135	3123
1978	2.206.056	231.130	193.998	975	2841
1979	2.152.411	239.225	186.089	1.050	2053
1980	2.204.807	241.580	159.600	1.014	2406
1981	2.228.439	259.589	165.101	938	2300
1982	2.264.788	273.226	147.118	831	1881
1983	2.327.245	281.627	145.296	1.070	2592
1984	2.439.016	294.284	152.650	885	2453
1985	2.607.865	326.996	148.027	877	2549
1986	2.815.230	365.514	150.821	1.108	2282
1987	2.878.925	387.452	158.836	838	2483
1988	3.140.071	451.662	171.769	1.163	2170
1989	3.271.013	474.318	159.463	1.150	2394
1990	3.446.502	514.390	155.857	1.292	2778
1991	3.598.315	536.098	130.278	1.189	3334
1992	3.796.702	559.184	139.464	1.583	3044
1993	3.976.202	610.129	109.563	1.064	3522
1994	4.202.616	691.023	92.087	1.034	2791
1995	4.410.744	724.427	87.960	798	2188
1996	4.624.330	759.342	86.807	1.296	2249

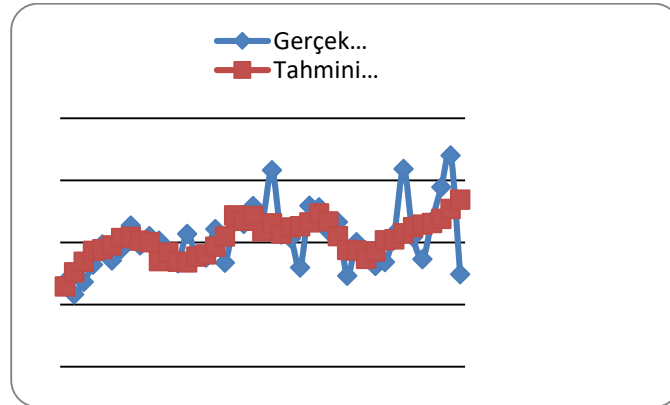
1997	4.830.056	781.911	98.318	1.282	3445
1998	5.299.533	813.010	91.895	1.094	2677
1999	5.005.403	769.674	77.955	1.165	2697
2000	5.254.125	753.275	74.847	731	1493
2001	4.886.881	723.503	72.367	1.002	1866
2002	5.223.283	727.409	72.344	872	1820
2003	5.615.238	777.177	76.668	810	1451
2004	6.181.251	850.928	83.830	841	1421
2005	6.918.605	944.984	73.923	1.072	1374
2006	7.818.642	1.036.328	79.027	1.592	1953
2007	8.505.390	1.116.638	80.602	1.043	1550
2008	8.802.989	1.170.248	72.963	865	1452
2009	9.030.202	1.216.308	64.316	1.171	1668
2010	10.030.810	1.325.749	62.903	1.444	1976
2011	11.030.939	1.435.879	69.277	1700	2093
2012	11.939.620	1.538.006	74.871	744	2036

4. TÜRKİYE İÇİN YSA TAHMİN MODELLERİNİN UYGULAMA SONUÇLARI

İş kazası sonucu ölüm vakası ve *iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayısı* değerlerinin tahmini için üç farklı çoklu doğrusal RA modeli oluşturulmuştur.

Modellerin etkinliğini araştırmak için öncelikle ağıımızı 1970–2012 yılları için *iş kazası sonucu ölüm vakası* ve *iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayıları* tahmini yapıldı ve ulaşılan sonuç gerçek değerlerle kıyaslandı.

Şekil 3’de Türkiye için 1970–2012 yılları arasında çoklu doğrusal RA modelimizin tahmin ettiği *iş kazası sonucu ölüm vakası* sayısı değerleri ile gerçek ölüm vaka sayısı değerleri verilmiştir.



Şekil 3. Gerçek ve Tahmini Ölüm Vakası değerleri

Şekil 4’de Türkiye için 1970–2012 yılları arasında çoklu doğrusal RA modelimizin tahmin ettiği *iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik vaka sayısı* değerleri ile gerçek sürekli iş göremezlik vaka sayısı değerleri verilmiştir.



Şekil 4. Gerçek ve Tahmini Sürekli İş Göremezlik Vakası değerleri

Modellerin performansları Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH) ve Ortalama Mutlak Hata (OMH) ölçütleri içinde değerlendirilerek Tablo 2 de verilmiştir.

$$OMYH = \frac{1}{n} \sum \left[\left| \frac{o_i - t_i}{o_i} \right| * 100 \right] \quad (8)$$

$$OMH = \frac{1}{n} \sum (|o_i - t_i|) \quad (9)$$

Tablo 3: Kaza modellerine ait hata değerleri

Hata Kodu	Ölüm Tahmini	Sürekli İş Göremezlik Tahmini
OMYH	14	15
OMH	139	324

5. TÜRKİYE İÇİN KAZA SENARYOLARI

Tablo 3'de hata değerleri verilen çoklu doğrusal RA modelleri kullanılarak farklı 3 senaryo ile 2025 yılına kadar tahminler yapılmıştır. Senaryo-1'de zorunlu sigortalı sayısı ve işyeri sayısı için 1970-2012 yılları arası ortalama artış miktarının %80'i, Senaryo-2'de ortalama artış miktarının %100'ü, Senaryo-3'de ise %120 si alınmıştır. **Senaryo-1**'de ekonomideki büyümede son 43 yılın ortalamasına göre %20'lik bir azalmanın olacağı (**Ekonominin Yavaşlaması**), **Senaryo-2**'de ekonomideki büyümede son 43 yılın ortalaması kadar olacağı (**Ekonominin Büyümesi Sabit Kalırsa**), **Senaryo-3** ise ekonomideki büyümede son 43 yılın ortalamasına göre %20'lik bir artışın olacağı (**Ekonominin İvmelenmesi**), öngörülmüştür.

İş Kazası Sonucu Ölüm Vakası Sayısı için elde edilen çoklu doğrusal RA modelimizin fonksiyonu denklem-10'da görülmektedir.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 \quad (10)$$

Uygulama sonucunda katsayılar

$$\beta_0 = 127,1212525$$

$$\beta_1 = 0,000224982$$

$$\beta_2 = 0,002433296$$

$$\beta_3 = 0,00554738$$

şeklinde bulunmuştur.

İş Kazası Sonucu Sürekli İş Göremezlik Vakası Sayısı için elde edilen çoklu doğrusal RA modelimizin fonksiyonu denklem-11'da görülmektedir.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 \quad (11)$$

Uygulama sonucunda katsayılar

$$\beta_0 = 511,3727776$$

$$\beta_1 = -0,000717781$$

$$\beta_2 = 0,0057397$$

$$\beta_3 = 0,012347611$$

şeklinde bulunmuştur.

RA modeline göre her üç senaryo dahilinde yapılan tahmin sonuçları sırasıyla Tablo 4, Tablo5 ve Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 4 (Senaryo-1: Ekonomi Yavaşlarsa)**2013–2025 Yılları Arasında RA Modeli ile Türkiye Geneli için İş Kazası Sonucu Ölüm ve Sürekli İş Göremezlik Vaka Sayısı Tahminleri**

YILLAR	ZORUNLU SİGORTALI SAYISI	İŞ YERİ SAYISI	İŞ KAZASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU ÖLEN KİŞİ SAYISI	SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI
2013	12.142.022	1.565.218	73.545	1.358	1.688
2014	12.344.425	1.592.430	72.219	1.371	1.683
2015	12.546.827	1.619.642	70.893	1.384	1.677
2016	12.749.230	1.646.854	69.567	1.398	1.672
2017	12.951.632	1.674.066	68.241	1.411	1.666
2018	13.154.034	1.701.278	66.915	1.424	1.661
2019	13.356.437	1.728.490	65.589	1.438	1.655
2020	13.558.839	1.755.702	64.263	1.451	1.650
2021	13.761.242	1.782.914	62.937	1.464	1.644
2022	13.963.644	1.810.126	61.611	1.478	1.639
2023	14.166.046	1.837.338	60.285	1.491	1.633
2024	14.368.449	1.864.550	58.959	1.504	1.628
2025	14.570.851	1.891.762	57.633	1.518	1.622

Tablo 5 (Senaryo-2: Ekonominin Büyümesi Sabit Kalırsa)**2013–2025 Yılları Arasında RA Modeli ile Türkiye Geneli için İş Kazası Sonucu Ölüm ve Sürekli İş Göremezlik Vaka Sayısı Tahminleri**

YILLAR	ZORUNLU SİGORTALI SAYISI	İŞ YERİ SAYISI	İŞ KAZASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU ÖLEN KİŞİ SAYISI	SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI
2013	12.192.623	1.572.021	73.214	1.361	1.687
2014	12.445.626	1.606.036	71.557	1.378	1.680
2015	12.698.629	1.640.051	69.900	1.394	1.673
2016	12.951.632	1.674.066	68.243	1.411	1.666
2017	13.204.635	1.708.081	66.586	1.428	1.659
2018	13.457.638	1.742.096	64.929	1.444	1.653
2019	13.710.641	1.776.111	63.272	1.461	1.646
2020	13.963.644	1.810.126	61.615	1.478	1.639
2021	14.216.647	1.844.141	59.958	1.494	1.632
2022	14.469.650	1.878.156	58.301	1.511	1.625
2023	14.722.653	1.912.171	56.644	1.528	1.618
2024	14.975.656	1.946.186	54.987	1.544	1.612
2025	15.228.659	1.980.201	53.330	1.561	1.605

Tablo 6 (Senaryo-3: Ekonominin Büyümesi Artarsa)**2013–2025 Yılları Arasında RA Modeli ile Türkiye Geneli için İş Kazası Sonucu Ölüm ve Sürekli İş Göremezlik Vaka Sayısı Tahminleri**

YILLAR	ZORUNLU SİGORTALI SAYISI	İŞ YERİ SAYISI	İŞ KAZASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU ÖLEN KİŞİ SAYISI	SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI
2013	12.192.623	1.572.021	73.214	1.361	1.687
2014	12.445.626	1.606.036	71.557	1.378	1.680
2015	12.698.629	1.640.051	69.900	1.394	1.673
2016	12.951.632	1.674.066	68.243	1.411	1.666
2017	13.204.635	1.708.081	66.586	1.428	1.659
2018	13.457.638	1.742.096	64.929	1.444	1.653
2019	13.710.641	1.776.111	63.272	1.461	1.646
2020	13.963.644	1.810.126	61.615	1.478	1.639
2021	14.216.647	1.844.141	59.958	1.494	1.632
2022	14.469.650	1.878.156	58.301	1.511	1.625
2023	14.722.653	1.912.171	56.644	1.528	1.618
2024	14.975.656	1.946.186	54.987	1.544	1.612
2025	15.228.659	1.980.201	53.330	1.561	1.605

Her üç senaryo dahilinde yapılan tahminler incelendiğinde, 2025 yılına kadar Türkiye'de her yıl ortalama 1500 civarında çalışanın iş kazalarından dolayı öleceği, 1650 civarında çalışanın ise yine iş kazalarından dolayı sürekli iş göremez hale geleceği, yani ömür boyu sakat kalacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca bu tahminler sadece resmi SGK verilerinden hareketle oluşturulmuştur. Yani sadece kayda geçen veriler üzerinde yapılmıştır. Türkiye'de pek çok iş kazasının kayda geçmediği yadsınamaz bir gerçektir. Dolayısıyla iş kazalarıyla ilgili gerçek durum bu çalışmada ifade edilenden biraz daha yüksektir. Yine her üç senaryo dahilinde yapılan tahminler incelendiğinde, iş kazası sonucu ölüm vakası sayısında bir artış eğilimi varken, iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayısında bir azalma eğilimi görülmektedir.

6.SONUÇLAR

Bu çalışmada çoklu dorusal RA kullanılarak Türkiye için, iş kazası sonucu ölüm vakası ve iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayılarını tahmin eden üç farklı model geliştirilmiştir. Her üç kaza modellerini geliştirirken değişken olarak zorunlu sigortalı sayısı, işyeri sayısı, iş kazası sayısı, iş kazası sonucu ölen kişi sayısı ve iş kazası sonucu oluşan sürekli iş göremezlik vaka sayısı kullanılmıştır.

İş kazaları sonucu oluşan kayıplar maddi ve manevi kayıplar olmak üzere iki kısımda değerlendirilebilir. Hiç şüphesiz ki manevi kayıplar; yani çalışanların ölmesi, ağır yaralanması veya sürekli iş göremez hale gelmesi kazaların en önemli olumsuz sonuçlarını oluşturur. Ancak, ölüm ve sürekli iş göremezlik vakaları sadece kazalarının manevi boyutunu oluşturmaz. Aynı zamanda maddi kayıpların ciddi bir bölümü ölümlü veya ağır yaralanmalı kazalarda meydana gelir. Bu açıdan ölüm ve sürekli iş göremezlik vakaları kazaların en önemli boyutunu oluşturmaktadır.

Yıllık 1500 ölüm vakası, 1650 sürekli iş göremezlik vakası Türkiye gibi Avrupa Birliği normlarına uyum sağlamayı hedefleyen bir ülke için kabul edilemez. Türkiye'nin Ölümlü kaza sıklığında Avrupa'da en kötü performansı göstermesi ülke imajına zaten büyük bir zarar verirken, bu sayının 2025 yılına kadar tedrici bir şekilde de olsa artış göstermesi, Türkiye'deki İSG politikalarının yeniden gözden geçirilmesi ihtiyacı ortaya koymaktadır. Özellikle İnşaat, Maden ve Elektrik sektörleri gibi ölümlü kaza sıklığının fazla olduğu sektörler başlı başına ölümlü kazalar açısından yeniden değerlendirilmelidir.

REFERANSLAR

Ceylan H., "Analysis of Fatal Occupational Accidents In Turkey For The Year 2013", Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology, Vol. 3-2015, 2015. <http://www.jmest.org/volume-3-2015>

SSI., Statistical Yearbook, SSI Publication, Ankara, 1970-2012 [in Turkish]. <http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/tr/kurumsal/istatistikler> - Access Date 16.05.2014.

Ceylan H., "An Artificial Neural Networks Approach to Estimate Occupational Accident: A National Perspective for Turkey", Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2014, Article ID 756326, 10 pages, 2014.

Şensoy E Z., "Nonlinear Logistic Regression and Applications", Marmara University Institute of Science and Technology, Master's Thesis, pp 93, 2009, İstanbul [in Turkish].

Akgüngör A P, Doğan E. "Estimating road accidents of Turkey based on regression analysis and artificial neural network approach" Advances in Transportation Studies; 2008(16): pp. 11-22, 2008.

Doğan E., "Regression Analysis and Artificial Intelligence Approach for Traffic Accident Prediction Models in Turkey and selected some great Provinces", Kırıkkale University Institute of Science and Technology, Master's Thesis, 2007 [in Turkish].

Goldberg D., "The design of innovation lessons from genetic algorithms, lessons for the real world" Techno Forecast Social Change vol 64 (1), 2000.

Yigit V. "Estimation of Turkey Net Electric Energy Consumption Until to Year 2020 Using Genetic Algorithm", International Journal of Engineering Research and Development, Vol 3(2). pp.37-41, 2011.

Murat Y S and Ceylan H., "Use of Artificial Neural Networks for Transport Energy Demand Modeling", Energy Policy Vol 34(17). pp 3165-3172, 2006.

Chio Y.C. "An ARIMA Modeling: A Case Study of Turkey", Energy Policy, Vol 35, No 2, pp 1129-1146, 2007.

Chiou Y.C. "An artificial network-based expert system for appraisal of two-car crash accidents", Accident Analysis and Prevention Vol.38, No.4, pp.777-785, 2006.

Akgüngör, A P, Doğan E, "An artificial intelligent approach to traffic accident estimation; Model development and application" Transport, Vol.24 No,2 pp.135-142, 2009.

- Akgüngör A. P. ve Doğan E., "Traffic Accident Prediction Models Developed Using Different Methods and Analysis"; *Int. J. Eng. Research & Development*, Vol.2, No.1 January 2010 [in Turkish].
- Önal S, "Forecasting of Flow of Kızılırmak River By Using Neural Networks Method", Süleyman Demirel University Institute of Science and Technology, Master's Thesis, pp 129, 2009, Isparta [in Turkish].
- Comaniciu D. and Meer P., "Mean Shift Analysis and Applications", *IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 1197-1203, 1999.
- Şen, Z, *Artificial Neural Networks*, Water Foundation Publications, İstanbul pp 183, 2004, [in Turkish].
- Mussone L, Ferrari A, Oneta, M. "An analysis of urban collision using an artificial intelligence model" *Accident Analysis and Prevention*, Vol.3, No.8, pp.705-718, 1999.
- Abdelwahab H T, Abdel-Aty M A. "Development of artificial neural network models to predict driver injury severity in traffic accident at signalized intersection" *Transportation Research Record* 1746, pp.6-13, 2001
- Delen D, Sharda R, Besson M. "Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks" *Accident Analysis and Prevention* Vol.38, No.3, pp.434-444, 2006.
- Doğan E. ve Akgüngör A.P., "Investigation of traffic accidents and results with artificial neural networks: Kırıkkale Case" *The 8. Transportation Congress*, pp. 279-287, September/October 2009 İstanbul.
- A. P. Akgüngör and E. Dogan, "Artificial Neural Networks and Genetic Algorithm Approach to Accident Prediction Models Own İstanbul Metropolis", *Modern Methods in Science Symposium*, pp. 883- 891, 15-17 October 2008, Eskişehir.