

Türkiyede'ki İş Kazalarının Yapay Sinir Ağları ile 2025 Yılına Kadar Tahmini

Hüseyin Ceylan ve Murat Avan

Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 71450 Türkiye.
Kaman Meslek Yüksekokulu, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, 40300 Türkiye.
Tel: 0 (318) 317-4242; Fax: 0 (318) 357-2923, husceylan@hotmail.com, mavan71@gmail.com

Özet—Bu çalışmada Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak Türkiye geneli için iş kazası tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller kullanılarak Türkiye'nin 2025 yılına kadar olan süreçte, iş kazası, ölü ve sürekli iş göremezlik sayıları farklı üç senaryo ile 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. YSA modelinde 2-5-1 ağ mimarisi en uygun mimari olarak belirlenmiştir. Ağların gizli katmanında sigmoid, çıkış katmanında da doğrusal fonksiyon kullanılmıştır. Ağın eğitiminde ise ileri beslemeli geri yayılım algoritmasından yararlanılmıştır. Modelin uygulanabilirliği için ağız 1970-2004 yılı arasında eğitilerek 2005-2010 yılları tahmin ettirilmiştir. Çıkan sonuç gerçek değerlerle kıyaslanmış ve uygulanabilir olduğu görülmüştür. Geliştirilen bütün modellerin performansları Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH), Ortalama Mutlak Hata (OMH) ve Ortalama Karese Hataların Karekökü (OKHK) ölçütleri içinde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — İş Kazası, Kaza Tahmin Modelleri, Yapay Sinir Ağları, Türkiye

PREDICTION OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS FOR TURKEY UNTIL THE YEAR 2025 USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Abstract—In this study, occupational accident prediction models were developed by using artificial neural networks (ANNs) for Turkey. Using these models in Turkey until the year 2025 occupational accident, permanent incapacity and the number of dead was estimated by the three different scenarios. In the development of the models, insured workers, work place, occupational accident, dead and incapacity for work values were used as model parameters with data between 1970 and 2010. 2-5-1 neural network architecture was selected as the best network architecture. Sigmoid and pureline function were used for secret layer and output layer respectively. The sigmoid and pureline functions were used as activation functions with feed forward back propagation algorithm. Order to obtain a useful model, the network was trained between

1970 and 2004 to forecast values 2005 to 2010. The model was compared to the real values and it was seen that it is applicable for this aim. The performances of all developed models were evaluated by the use of Mean Absolute Percent Errors (MAPE), Mean Absolute Errors (MAE) and Root Mean Square Errors (RMSE).

Keywords — Occupational Accident, Accident Prediction Models, Artificial Neural Networks, Turkey

I. GİRİŞ

İş kazaları ve bu kazaların sonucunda oluşan ölüm, yaralanma ve iş göremezlik sayıları ülkemiz için maddi-manevi kayıplar meydana getirirken, iş yapan kişiler için de ciddi bir iş güvenliği problemi oluşturmaktadır. Ülkemiz ekonomisinin hızla büyüdüğü, buna paralel olarak iş yeri ve çalışan sayısının arttığı günümüzde iş güvenliği hayati bir önem kazanmıştır. Sadece 2010 yılında ülkemizde 62903 iş kazası meydana gelmiş ve bu kazalar neticesinde 1444 kişi hayatını yitirirken 1976 kişide ömür boyu sakat kalmış, sürekli iş göremez hale gelmiştir [1]. Bir yıl 300 iş günü olarak kabul edildiğinde, Türkiye de her gün yaklaşık 210 iş kazası olmakta, 7 işçi sürekli iş göremez, çalışamaz hale gelmekte ve yine her gün 5 işçi hayatını kaybetmektedir. Bu değerler, Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistiklerinden elde edilen resmi sonuçlardır. Yani sadece SGK'ya bildirilen, resmi kayıt altına alınan kazalar 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.

Gelişen teknolojiye paralel olarak üretim sistemleri de gün geçtikçe daha karmaşık bir hale gelmektedir. Bunun sonucu olarak, iş kazalarının önlenmesi için iş güvenliği ile ilgili olarak yeni tedbirlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliğine yönelik, ihtiyaç, öncelik, politika ve stratejilerin belirlenmesinden Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı bünyesinde oluşturulan 'Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Konseyi' 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. Farklı yaklaşımlar ve analizler kullanılarak literatürde pek çok kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Tahmin çalışmalarında Regresyon Analizleri (RA) [2, 3] ve Genetik algoritmaların (GA) [4,5] yanı sıra yapay sinir ağları (YSA) [4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] da kullanılmaktadır. Mussone ve diğerleri İtalya'nın Milan şehrindeki taşıtların sebep olduğu kazaları incelemek ve bir kaza modeli geliştirmek için YSA tekniklerinden faydalanmışlardır [13]. Abdelwahap ve Abdel-Aty sinyalizasyon kavşaklarda meydana gelen trafik kazalarında sürücülerdeki yaralanma şiddetini tahmin etmek için YSA tekniğini kullanmışlardır[14]. Benzer şekilde Delen ve diğerleri çarpışma ile ilgili faktörler ve yaralanma şiddeti arasındaki lineer olmayan ilişkiyi YSA yöntemi ile modellemeye çalışmışlardır[15]. 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[16]. 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 [16]. Doğan ve Akgüngör YSA kullanarak Kırıkkale ili için trafik kaza sayılarını, yaralı ve ölü sayılarını tahmin eden modeller geliştirilmiştir [17]. 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 [18]. 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[19].

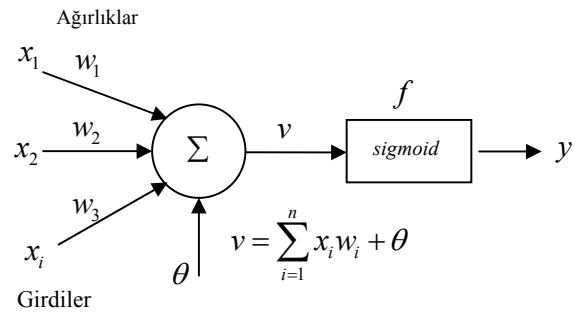
Bu çalışmada, yapay sinir ağları kullanılarak Türkiye geneli için iş kazası tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller kullanılarak Türkiye'nin 2025 yılına kadar olan süreçte, iş kazası, ölü ve sürekli iş göremezlik sayıları farklı üç senaryo ile tahmin edilmiştir. Model geliştirilirken sigortalı 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.

II. YAPAY SINIR AĞLARI

YSA, insandan esinlenerek öğrenme sürecinin matematiksel modellenmesi sonucunda ortaya çıkan bir veri işleme sistemidir. İnsan beyninin özelliklerinden olan öğrenme, hatırlama, yeni bilgiler oluşturabilme, genelleme yapabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri taklit etmeye çalışan, basit işlemcilerden oluşmuş bir yapıdır.

YSA'yı oluşturan temel işlemci yapay nörondur (Şekil-1).

Bir yapay nöronda girişler x_i , ağırlıklar w_i toplama fonksiyonu (Σ), aktivasyon fonksiyonu (f) ve çıkış (y) bulunmaktadır.



Şekil 1. Temel Yapay Sinir Ağı Hücresi: Yapay Nöron

Şekil -1'de görülen temel YSA hücresi inceleyecek olursa, x_1, x_2, \dots, x_i değerleri hücre girdileridir. Alınan girdiler belli ağırlıklarla çarpılır ve -1 ile +1 arasında değişen eşik değeri ile toplanarak net girdi oluşturulur. Aktivasyon fonksiyonunda net girdi üzerinde işlem yapılarak hücre çıktısı istenilen aralıklara getirilmeye çalışılır. Bu çıkış değeri, sistem için bilinen çıkış ile karşılaştırılarak bir hata oranı bulunur. Bu hata oranına göre yapay sinir ağı hücresi, girdilerin yeni ağırlık oranlarını günceller. Böylece daha doğru sonuçlar alabilmemiz için bir döngü sağlanmaktadır. Ağın öğrenme olayı da bu ağırlıkların güncellenmesi ile meydana gelir.

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + \theta\right) \quad (1)$$

Aktivasyon fonksiyonu çıktıyı istenilen aralıklara dönüştürmek için kullanılmaktadır. YSA hücrelerinin kullandığı pek çok aktivasyon fonksiyonu bulunmaktadır. Tanjant-hiperbolik, Sigmoid ve Doğrusal fonksiyonları iyi sonuçlar verdiği için sıklıkla tercih edilen aktivasyon fonksiyonlarıdır. Aktivasyon fonksiyonu doğrusal olabileceği gibi doğrusal olmayabilir. Aktivasyon fonksiyonunun sürekli ve türevi alınabilir olması istenilen bir durumdur[20-21].

2.1. Tanjant Hiperbolik Fonksiyonu

Bu fonksiyon doğrusal olmayan, -1 ve 1 değerleri arasında değer alan ve YSA içinde sonuca ulaşmak amacıyla kullanılmaktadır. Tanjant hiperbolik fonksiyonu aşağıdaki denklemi kullanır.

$$f(v) = \frac{e^v + e^{-v}}{e^v - e^{-v}} \quad (2)$$

2.2. Sigmoid Fonksiyonu

Bu fonksiyon türevi alınabilen, doğrusal olmayan, 0 ve 1 değerleri arasında değer alan ve YSA içinde çoğunlukla genelleme yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Sigmoid fonksiyonu aşağıdaki denklemi kullanır.

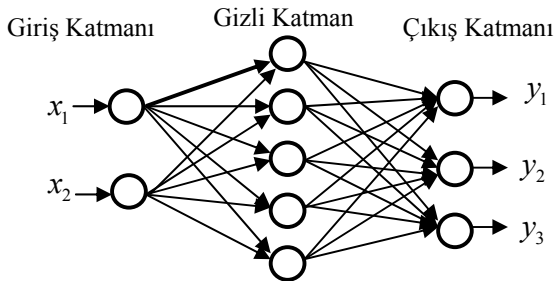
$$f(v) = \frac{1}{1 + e^{-v}} \quad (3)$$

2.3. Doğrusal Fonksiyonu

Bu fonksiyon türevi alınabilen, doğrusal olan, 0 ve 1 değerleri arasında değer alan ve YSA içinde sonuca ulaşmak amacıyla kullanılmaktadır. Doğrusal fonksiyonu aşağıdaki denklemi kullanır.

$$f(v) = \alpha * v \quad (4)$$

Yapay nöronların birbirlerine çeşitli mimarilerle bağlanması ile yapay sinir ağları oluşmaktadır. Şekil-2’de 11 adet yapay nöronun birbirine bağlandığı ileri yönlü çok katmanlı bir YSA modeli görülmektedir. Bu mimarisinde 2–6–3 ağ yapısı kullanılmıştır. YSA mimarisinde girdilerin ağı sokulduğu bir giriş tabakası, giriş tabakasından gelen bilgilerin işlenip çıkış katmanına iletiildiği bir gizli tabaka bulunmaktadır. Şekilde X değerleri girdi, Y değerleri ise çıktı değerlerini göstermektedir. Bu örnekten anlaşılacağı üzere YSA’yı oluşturan nöronlar istenilen sayıda düzenlenebilmektedir. Fakat istenilen sonucun doğru bir şekilde bulunabilmesi için doğru mimariyi bulabilmek önem arz etmektedir. Girdi ve çıktı tabakalarında ki nöron sayıları belli olduğu için çözüm bekleyen sorun gizli katman sayısı ve her bir gizli katmanda ki nöron sayısının bulunmasıdır. Bu konu hakkında literatürde kesin bir yöntem bulunmamaktadır. Probleme göre değişen bu nitelikler deneme yanılma yoluyla bulunmaktadır.



Şekil 2. Çok Katmanlı YSA yapısı

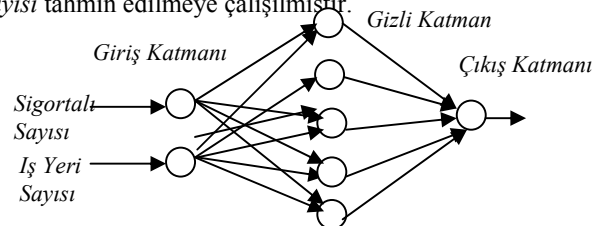
YSA’lar modeldeki farklılıklara göre değişik karakteristik özellikler göstermesine karşın birkaç ortak özelliğe sahiptirler. Bu özelliklerden ilki, *paralel çalışabilme* yeteneğidir. Yani, YSA’lar birçok nörondan meydana gelir, bu nöronlar eş zamanlı olarak çalışırlar ve birçok karmaşık işlemleri aynı anda yerine getirirler. İkinci özellik ise, ağ fonksiyonunun *non-lineer* olabilmesidir. Bu sayede ağ, sisteme giriş olarak verilen doğrusal olmayan veriler içinde matematiksel olarak doğru sonuçlar verebilmektedir. Üçüncü özellik *genelleme* yeteneğidir. Diğer bir deyişle ağ yapısının eğitim esnasında kullanılan nümerik bilgilerden eşleştirmeyi sağlayan ağırlık değerlerin en özgü olanları çıkarması ve böylelikle eğitim sırasında kullanılmayan başka girdiler içinde çeşitli cevaplar oluşturmasıdır. Dördüncü özellik sayısal ortamda tasarlanan YSA’nın *donanımsal* olarak gerçekleştirilebilmesidir.

YSA’lar başlıca; tahmin, sınıflandırma, modelleme, kontrol sistemleri ve optimizasyon alanlarında kullanılır. *Havacılıkta*, uçuş simülasyonunda ve otomatik pilot uygulamalarında, *Güvenlik sistemlerinde*, parmak izi tanıma, yüz eşleştirme ve retina tanıma, *Otomotiv sektöründe*, otomatik yol tanıma ve sürüş analizlerinde; *Tıpta*; EEG (Elektro-Enselo Grafi), EKG (Elektro Kardiyo Grafi) ve MR (Manyetik Rezonans) sistemlerinde; *Savunma sanayinde*, hedef seçme, radar sistemlerinde, sinyal ve görüntü işlemede; *Dil biliminde*, sözcük tanıma işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

III. İŞ KAZASI İÇİN YSA TAHMİN MODELİ

Genel olarak iş kazalarının tek bir deneni 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 parametresi olarak, kazalarla doğrudan ilişkili olduğu düşünülen *işyeri* ve *sigortalı çalışan sayıları* kullanılmıştır. Bu iki parametreye 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-1 de verilen, 1970-2010 yıllarını kapsayan işyeri sayısı, zorunlu sigortalı sayısı, iş kazası sayısı, iş kazası sonucu ölen kişi sayısı ve sürekli iş göremezlik sayılarına ait olan veriler Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistik yıllıklarından çıkarılmıştır.

YSA ile kaza modeli tahmin edilirken birçok farklı ağ mimarisi denenmiş ve Şekil 3’te verilen 2-5-1 ağ mimarisinin bu çalışma için uygun olduğu görülmüştür. Aktivasyon fonksiyonu olarak birinci katmanda *“tanjant sigmoid”*, ikinci katmanda ise *“doğrusal”* fonksiyonu kullanılmıştır. Ağ tipi olarak da ileri beslemeli geri yayılım algoritması, öğrenme fonksiyonu olarak *“trainlm”*, performans fonksiyonu *“Sum Squared Error-SSE”* tercih edilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere girdi parametresi olarak sadece *işyeri sayısı* ve *sigortalı sayısı* kullanılmış, *kaza sayısı*, *ölü sayısı* ve *sürekli iş göremezlik sayısı* tahmin edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3. Türkiye İçin YSA İş Kazası Modeline ait Ağ Mimarisi

TABLE 1
1970–2010 YILLARI ARASINDA TÜRKİYE’NİN ZORUNLU SİGORTALI SAYISI, İŞ YERİ SAYISI, İŞ KAZASI SAYISI, ÖLEN KİŞİ SAYISI, SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI

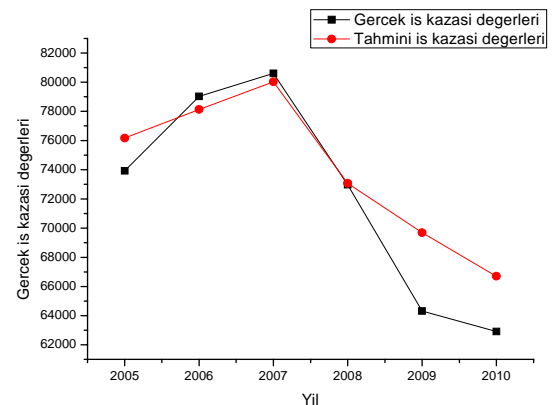
YILLAR	ZORUNLU SİGORTALI SAYISI	İŞ YERİ SAYISI	İŞ KAZASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU ÖLEN KİŞİ SAYISI	SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI
1970	1.313.500	109.391	144.483	679	2480
1971	1.404.816	154.812	148.822	583	2574
1972	1.525.012	174.344	160.585	682	2359
1973	1.649.079	184.427	176.993	822	2372
1974	1.799.998	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

IV. TÜRKİYE İÇİN YSA TAHMİN MODELLERİNİN UYGULAMA SONUÇLARI

İş kazası, iş kazası sonucu ölüm vakası ve iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayısı değerlerinin tahmini için üç farklı YSA modeli oluşturulmuştur.

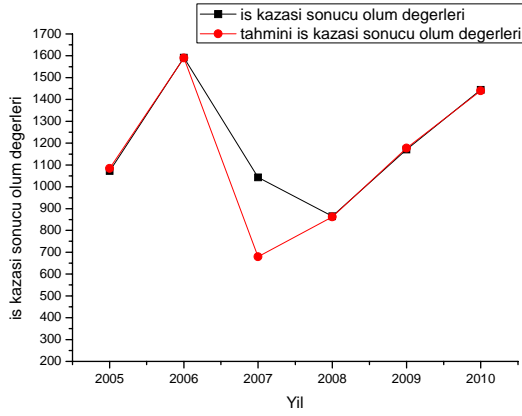
Modellerin etkinliğini araştırmak için öncelikle ağımızı 1970–2004 yılları arasındaki verilerle eğiterek, 2005–2010 yılları arası için İş kazası, iş kazası sonucu ölüm vakası ve iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayıları tahmini yapıldı ve ulaşılan sonuç gerçek değerlerle kıyaslandı.

Şekil 4’de Türkiye için 2005–2010 yılları arasında YSA modelimizin tahmin ettiği iş kazası sayısı değerleri ile gerçek iş kazasının değerleri verilmiştir.



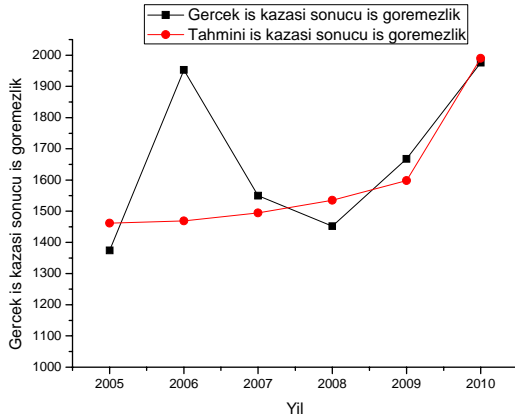
Şekil 4. Türkiye İçin YSA modeli tahmini iş kazası değerleri

Şekil 5’de Türkiye için 2005–2010 yılları arası YSA Modelinin tahmin ettiği ölümlü iş kazası sayısı değerleri ile gerçek ölümlü iş kazasının değerleri verilmiştir.



Şekil 5. Türkiye İçin YSA Modeli Tahmini Ölüm Vakası Değerleri

Şekil 6’da Türkiye için 2005-2010 yılları arası YSA Modelimizin tahmin ettiği iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik değerleri ile gerçek iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik değerleri verilmiştir.



Şekil 6. Türkiye İçin YSA Modeli Tahmini Sürekli İş Göremezlik Değerleri

Modellerin performansları Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH), Ortalama Mutlak Hata (OMH) ve Ortalama Karesel

Hataların Karekökü (OKHK) ölçütleri içinde değerlendirilerek Tablo 2 de verilmiştir.

$$OMYH = \frac{1}{n} \sum \left[\left| \frac{o_i - t_i}{o_i} \right| * 100 \right] \quad (5)$$

$$OKHK = \sqrt{\left[\frac{1}{n} \sum [o_i - t_i]^2 \right]} \quad (6)$$

$$OMH = \frac{1}{n} \sum (|o_i - t_i|) \quad (7)$$

TABLO 2
Kaza modellerine ait hata değerleri

Hata Kodu	İş kazası Tahmini	Ölüm Tahmini	Sürekli İş Göremezlik Tahmini
OMYH	3,24	6,21	7,55
OKHK	2873	148	207
OMH	2169	65	132

Hata değerleri incelendiğinde YSA modellerin uygun olduğu görülmüştür.

V. TÜRKİYE İÇİN KAZA SENARYOLARI

Tablo 2 de hata değerleri verilen YSA modellerinin 2025 yılına kadar olan tahminler için kullanılması uygun görülmüş ve farklı 3 senaryo ile tahminler yapılmıştır. Senaryo 1’de zorunlu sigortalı sayısı ve işyeri sayısı için 1970-2010 yılları arası ortalama artış miktarının %50 si, senaryo 2’de ortalama artış miktarının %100’ü, senaryo 3’de ise %150 si alınmıştır.

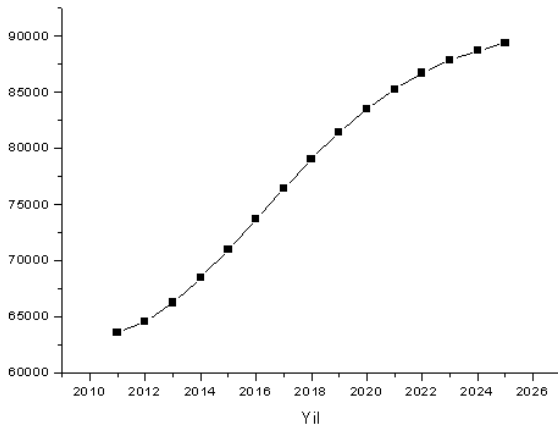
Öngörülen bu oranlar Senaryo 1’de zorunlu sigortalı sayısı için %2,5 ve iş yeri sayısı için %3,3 olarak; Senaryo 2’de zorunlu sigortalı sayısı için %5,15 ve işyeri sayısı için %6,59 olarak; Senaryo 3’de ise zorunlu sigortalı sayısı için %7,73 ve işyeri sayısı için %9,89 olarak belirlenmiştir.

(SENARYO-1)

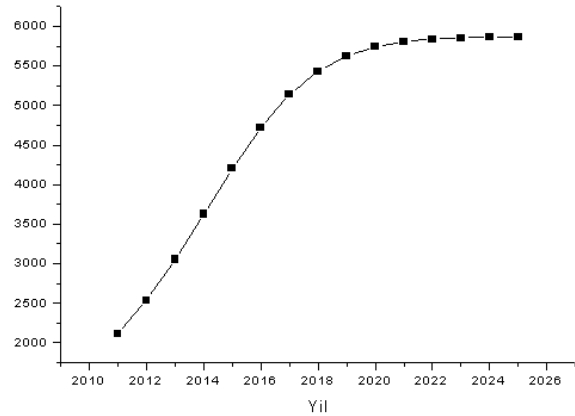
TABLO 3

2011–2025 YILLARI ARASINDA YSA MODELİ İLE TÜRKİYE’NİN ZORUNLU SİGORTALI SAYISI, İŞ YERİ SAYISI, İŞ KAZASI SAYISI, ÖLEN KİŞİ SAYISI, SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI TAHMİNLERİ

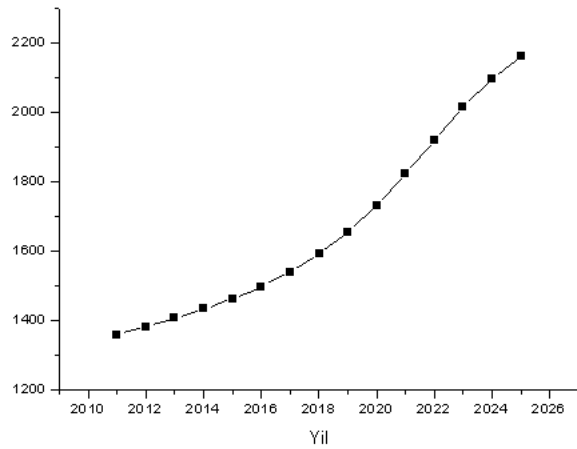
YILLAR	ZORUNLU SİGORTALI SAYISI	İŞ YERİ SAYISI	İŞ KAZASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU ÖLEN KİŞİ SAYISI	SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI
2011	10.281.580	1.369.499	63591	1359	1820
2012	10.826.504	1.414.692	64569	1381	1865
2013	11.400.309	1.461.377	66274	1406	1918
2014	12.004.525	1.509.602	68483	1433	1983
2015	12.640.765	1.559.419	71014	1463	2066
2016	13.310.725	1.610.880	73713	1498	2177
2017	14.016.194	1.664.039	76433	1539	2328
2018	14.759.052	1.718.953	79041	1591	2540
2019	15.541.282	1.775.678	81427	1655	2836
2020	16.364.970	1.834.275	83518	1733	3245
2021	17.232.313	1.894.806	85281	1824	3788
2022	18.145.626	1.957.335	86717	1921	4455
2023	19.107.344	2.021.927	87854	2016	5188
2024	20.120.033	2.088.651	88731	2098	5885
2025	21.186.395	2.157.576	89394	2161	6450



Şekil 7. Türkiye İçin Önerilen 1. Senaryo Dâhilinde İş Kazası Tahminleri.



Şekil 9. Türkiye İçin Önerilen 1. Senaryo Dâhilinde İş Kazası Sonucu Sürekli İş Göremezlik Tahminleri.



Şekil 8. Türkiye İçin Önerilen 1. Senaryo Dâhilinde Ölümlü İş Kazası Tahminleri.

YSA modeliyle 1. senaryoya göre yapılan tahmin çalışmasında Tablo 3'te görülen sonuçlar elde edilmiştir. Bu tabloya göre ülkemizde önümüzdeki yıllarda iş kazası, iş kazası sonucu ölüm ve iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayılarında artışlar olacağı görülmektedir.

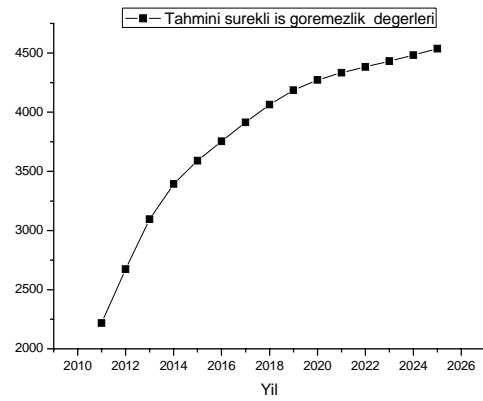
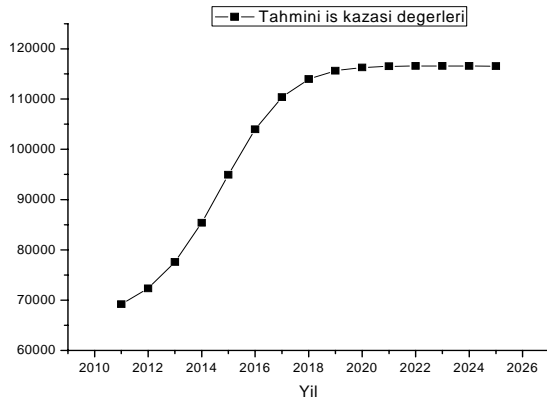
Şekil 7 incelendiğinde tahmini iş kaza sayısı değerleri artış eğiliminde olduğu görülmektedir. 2025 yılı iş kazası sayısı 2010 yılına göre % 42 oranında artarak 89394 sayısına ulaşacağı tahmin edilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde 2025 yılında iş kazası sonucu ölüm sayısı 2010 yılına göre % 49 oranında artarak 2161 sayısına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Şekil 9 incelendiğinde 2025 yılında iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayısı 2010 yılına göre % 226 gibi çok yüksek bir oranında artarak 6450 sayısına ulaşacağı tahmin edilmektedir.

(SENARYO 2)

TABLO 4

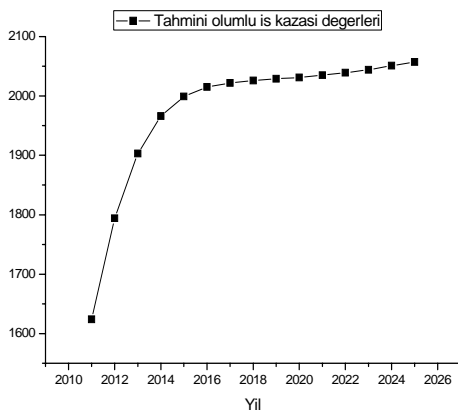
2011–2025 YILLARI ARASINDA YSA MODELİ İLE TÜRKİYE’NİN SİGORTALI SAYISI, İŞ YERİ SAYISI, İŞ KAZASI SAYISI, ÖLEN KİŞİ SAYISI, SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI TAHMİNİ

YILLAR	ZORUNLU SİGORTALI SAYISI	İŞ YERİ SAYISI	İŞ KAZASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU ÖLEN KİŞİ SAYISI	SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI
2011	10.562.443	1.413.779	69206	1624	2218
2012	11.122.252	1.507.654	72340	1794	2673
2013	11.711.732	1.607.762	77591	1903	3095
2014	12.332.454	1.714.517	85383	1966	3393
2015	12.986.074	1.828.361	94940	1999	3591
2016	13.674.336	1.949.764	103971	2015	3754
2017	14.399.075	2.079.229	110406	2022	3914
2018	15.162.226	2.217.289	113991	2026	4065
2019	15.965.824	2.364.518	115644	2029	4186
2020	16.812.013	2.521.521	116302	2031	4272
2021	17.703.050	2.688.951	116527	2035	4333
2022	18.641.311	2.867.497	116587	2039	4384
2023	19.629.301	3.057.899	116591	2044	4432
2024	20.669.654	3.260.943	116580	2051	4482
2025	21.765.145	3.477.470	116569	2057	4537



Şekil 10. Türkiye İçin Önerilen 2. Senaryo Dâhilinde İş Kazası Tahminleri.

Şekil 12. Türkiye İçin Önerilen 2. Senaryo Dâhilinde İş Kazası Sonucu Sürekli İş Göremezlik Tahminleri.



Şekil 11. Türkiye İçin önerilen 2. Senaryo dâhilinde ölümlü iş kazası tahminleri

YSA modeliyle 2. senaryoya göre yapılan tahmin çalışmasında Tablo 4'te görülen sonuçlar elde edilmiştir. Bu tabloya göre ülkemizde önümüzdeki yıllarda iş kazası, iş kazası sonucu ölüm ve iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayılarında artışlar olacağı görülmektedir.

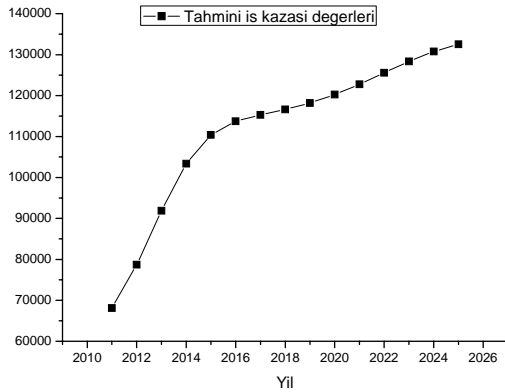
Şekil 7 incelendiğinde tahmini iş kaza sayısı değerleri artış eğiliminde olduğu görülmektedir. 2025 yılı iş kazası sayısı 2010 yılına göre % 85 oranında artarak 116569 sayısına ulaşacağı tahmin edilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde 2025 yılında iş kazası sonucu ölüm sayısı 2010 yılına göre % 42 oranında artarak 2057 sayısına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Şekil 9 incelendiğinde 2025 yılında iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayısı 2010 yılına göre % 129 gibi çok yüksek bir oranında artarak 4537 sayısına ulaşacağı tahmin edilmektedir.

(SENARYO 3)

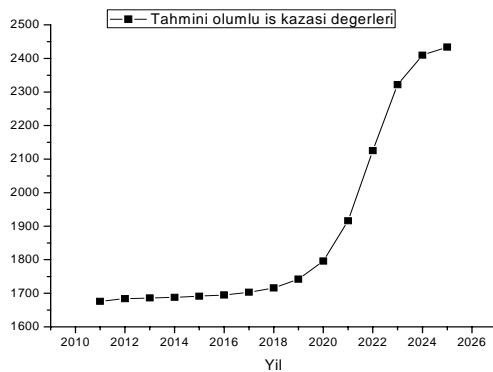
TABLO 5

2011-2025 YILLARI ARASINDA YSA MODELİ İLE TÜRKİYE'NİN SİGORTALI SAYISI, İŞ YERİ SAYISI, İŞ KAZASI SAYISI, ÖLEN KİŞİ SAYISI, SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI TAHMİNİ

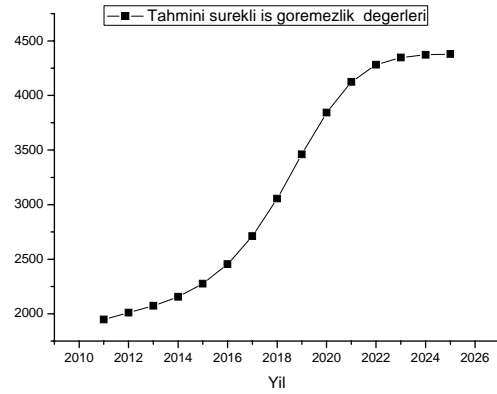
YILLAR	ZORUNLU SİGORTALI SAYISI	İŞ YERİ SAYISI	İŞ KAZASI SAYISI	İŞ KAZASI SONUCU ÖLEN KİŞİ SAYISI	SÜREKLİ İŞ GÖREMEZLİK SAYISI
2011	10.806.192	1.457.794	68087	1676	1948
2012	11.378.920	1.602.990	78698	1684	2011
2013	11.982.003	1.762.648	91859	1686	2073
2014	12.617.049	1.938.207	103401	1688	2156
2015	13.285.752	2.131.253	110436	1691	2276
2016	13.989.897	2.343.526	113728	1695	2455
2017	14.731.362	2.576.941	115323	1703	2711
2018	15.512.124	2.833.604	116602	1716	3056
2019	16.334.266	3.115.831	118174	1742	3460
2020	17.199.982	3.426.168	120234	1796	3844
2021	18.111.582	3.767.414	122762	1916	4125
2022	19.071.495	4.142.648	125579	2125	4281
2023	20.082.285	4.555.256	128372	2322	4349
2024	21.146.646	5.008.960	130782	2410	4372
2025	22.267.418	5.507.852	132559	2434	4379



Şekil 13. Türkiye için önerilen 3. Senaryo dâhilinde iş kazası tahminleri



Şekil 14. Türkiye için önerilen 3. Senaryo dâhilinde ölümlü iş kazası tahminleri



Şekil 15. Türkiye için önerilen 3. Senaryo dâhilinde iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik tahminleri

YSA modeliyle 3. senaryoya göre yapılan tahmin çalışmasında Tablo 5'te görülen sonuçlar elde edilmiştir. Bu tabloya göre ülkemizde önümüzdeki yıllarda iş kazası, iş kazası sonucu ölüm ve iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayılarında artışlar olacağı görülmektedir.

Şekil 7 incelendiğinde tahmini iş kaza sayısı değerleri artış eğiliminde olduğu görülmektedir. 2025 yılı iş kazası sayısı 2010 yılına göre % 110 oranında artarak 132559 sayısına ulaşacağı tahmin edilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde 2025 yılında iş kazası sonucu ölüm sayısı 2010 yılına göre % 68 oranında artarak 2434 sayısına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Şekil 9 incelendiğinde 2025 yılında iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayısı 2010 yılına göre % 121 gibi çok yüksek bir oranında artarak 4379 sayısına ulaşacağı tahmin edilmektedir.

VI. SONUÇLAR

Bu çalışmada YSA kullanılarak Türkiye için iş kazası, iş kazası sonucu ölüm vakası ve iş kazası sonucu sürekli iş

göremezlik sayılarını tahmin eden üç farklı model geliştirilmiştir. Her 3 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 sayı kullanılmıştır. YSA kaza modellerinde farklı ağ mimarileri denenmiş ve 2-5-1 ağ mimarisinin en uygun mimari olduğu görülmüştür. Performans analizi sonucunda YSA'nın iyi bir kaza tahmin modeli olarak kullanılabilirliği görülmüştür. En iyi performansla sahip modeli tespit etmek için OMYH, OKHK ve OMH değerleri Tablo 2 de hesaplandı. Türkiye için ön görülen senaryolarla 2025 yılına kadar yapılan tahminler incelendiğinde iş kazası sayısında, ölümlü iş kazası sayısında ve sürekli iş göremezlikle sonuçlanan kaza sayılarında artış olacağı Tablo 3. Tablo 4. ve tablo 5. de öngörülmektedir. Türkiye'nin zorunlu sigortalı sayısının ve iş yeri sayısının ortalama artış eğilimi ile arttığı varsayıldığında 2025 yılında zorunlu sigortalı sayısı 21 binlerde, iş yeri sayısının da 5 binlerde olacağı tahmin edilmektedir. Bu değerlerdeki artışlarda iş kazalarının, ölümlü iş kazalarının ve sürekli iş göremezlikle sonuçlanan kazaların artacağını bize göstermektedir. Bu durumda iş kazalarının ve sonuçlarının önüne geçebilmek için iş yerlerinde İş güvenliği plan ve politikaların tekrar revize edilerek kararlı bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

VII. KAYNAKLAR

- [1] Sosyal Güvenlik Kurumu, İş kazası istatistikleri, 1970-2010 www.sgk.gov.tr/html
- [2] Goldberg D., "The design of innovation lessons from genetic algorithms, lessons fort he real world" Techno Forecast Social Change vol 64 (1), 2000
- [3] Şensoy E Z., Nonlinear Lojistik Regresyon ve Uygulaması, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Ana Bilim Dalı yüksek Lisans Tezi, s 93, İstanbul 2009
- [4] <http://www.figes.com.tr/matlab/YSA/NNwebniar.html>
- [5] Murat Y S and Ceylan H., "Use of Artificial Neural Networks for Transport Energy Demand Modeling", Energy Policy Vol34(17). Pp 3165-3172, 2006.
- [6] Chio Y.C. "An ARIMA Modeling: A Case Study of Turkey", Energy Policy, Vol 35, No 2, pp 1129-1146, 2007
- [7] 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
- [8] 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
- [9] Akgüngör A. P. ve Doğan E., "Farklı Yöntemler Kullanılarak Geliştirilen Trafik Kaza Tahmin Modelleri ve Analizi; Int. J. Eng. Research & Development, Vol.2, No.1 January 2010
- [10] Önal S, "Yapay Sinir ağları Metodu ile Kızılırmak Nehrinin Akım Tahmini, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı eğitimi Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, s129, Isparta 2009
- [11] Comaniciu D. and Meer P., "Mean Shift Analysis and Applications", IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 1197--1203, 1999.
- [12] Şen, Z, Yapay Sinir Ağları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul s183, 2004
- [13] 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
- [14] 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
- [15] 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
- [16] Akgüngör A P, Dogan E. "Estimating road accidents of Turkey based on regression analysis and artificial neural network approach" Advances in
- [17] Doğan E. ve Akgüngör A.P., "Trafik kazaları ve sonuçlarının yapay sinir ağları ile incelenmesi Kırıkkale Örneği" 8.Ulaştırma Kongresi, 279-287, Eylül/Ekim 2009 İstanbul.
- [18] Doğan E., "Regresyon Analizi ve Yapay Zekâ Yaklaşımı ile Türkiye ve Seçilen Bazı Büyük İlleri için Trafik Kaza Tahmin Modelleri" K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [19] Akgüngör A.P. ve Doğan E., "Yapay Sinir Ağları ve Genetik Algoritma Yaklaşımı İle İstanbul Metropolüne Ait Kaza Tahmin Modelleri", Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, BMYS 2008, 883- 891, 15-17 Ekim 2008, Eskişehir
- [20] Saray U., Lüy M.,Çam E., "Amasya ili için Yapay Sinir Ağları ile Rüzgar Hızı Tahmini" Elektrik Elektronik Mühendisliği Günleri Bildiriler Kitabı, Sayfa 20-24 29 Eylül-1 Ekim 2011, Ankara
- [21] Lüy M., Saray U., "Wind speed estimation for missing wind data with three different backpropagation algorithms" Energy Science and Research Vol 29(2): pp. 45-54, 2012