



Türkiye’de Trafik Kazalarında Meydana Gelen Ölü Sayısı Tahmin Modellerinin Geliştirilmesinde Logaritmik Regresyon ve Yapay Sinir Ağları Metotlarının Kullanılması

By Using Logarithmic Regression and Artificial Neural Network to Improve Prediction Model of Dead Number Resulted from Road Traffic Accidents in Turkey

Ömer Faruk Cansız*

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

Öz

Türkiye karayollarında meydana gelen kazalar sonucunda maddi ve manevi kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıpları en aza indirmek amacıyla tahmin modelleri geliştirilmektedir. Bu çalışmada tahmin modelleri için 1970-2007 yılları arasındaki demografik ve trafik verilerinden yararlanılmaktadır. Bu verilerden nüfus (N), taşıt sayısı (TS), taşıt kilometre (TK), sürücü sayısı (SS) bağımsız değişken, ölü sayısı (ÖS) bağımlı değişken olarak alınmaktadır. Modeller geliştirilirken, Smeed tarafından kullanılan Logaritmik Regresyon (LR) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) olmak üzere iki farklı teknik kullanılmaktadır. Logaritmik regresyon tekniğinde, gerçek değerlerin logaritması alınarak ve çeşitli veri setlerinin kullanılması ile yapılan analizlerde en uygun model Nüfus, Taşıt Sayısı, Taşıt Kilometre ve Sürücü Sayısından oluşan NTSTKSS modeli çıkmaktadır. YSA metodu ile tarihsel veri seti kullanılarak analizler yapılmaktadır. Yapılan YSA analizinde farklı girdi setleri kullanılarak en iyi performansı Taşıt Kilometre ve Sürücü Sayısı değişkenlerinden oluşan TKSS modeli göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde YSA ile geliştirilen TKSS modeli en düşük hata oranına sahip olması nedeniyle LR tekniği ile oluşturulan modellere kıyasla daha üstün performans göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Logaritmik regresyon, Trafik kazası, Yapay sinir ağları

Abstract

Traffic accidents occurred on highway in Turkey cause materially and morally damage. To decrease the damage, prediction model developed. In this study, demographic and traffic data which from 1970 to 2007 are used. These data are consist of dependent and independent variables. Dependent variable is formed Number of Dead (ND). As for independent variables are comprised Population (P), Registered Number of Vehicle (VN), Vehicle-km (VK) and Number of Drivers (DN). Models are developed using Artificial Neural Network (ANN) and Logarithmic Regression (LR) enhanced by Smeed. PVNVKDN model consisted Population, Registered Number of Vehicle, Vehicle-km and Number of Drivers, developed taking real values logarithm and used a variety of input data is the best performance of models in LR techniques. Vehicle-km, Number of Drivers (VKDN) model created by using historical data sets and used different input sets is the best model in ANN technique. When performances of best models are compared, VKDN is the best model because of lowest value of mean square error.

Keywords: Logarithmic regression, Traffic accident, Artificial neural network

1. Giriş

Ulaşım; insanların, eşyaların bir yerden bir yere nakil edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ulaşımın faydalarının yanı sıra, ulaşım esnasında meydana gelen kazalar birçok insanın hayatını kaybetmesine yol açmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler arasında olan ülkemiz ulaştırmanın %90'dan

daha fazla bölümünü karayollarında gerçekleştirmektedir. Ülkemizde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) istatistiklerine dayanarak 1970-2007 yılları arasında 8475210 trafik kazası gerçekleşmiş ve bu kazalar sonucunda 204215 kişi hayatını kaybetmiş, 2992459 kişi ise yaralanmıştır. Bu veriler dikkate alındığında yol güvenliğinin artırılması bakımından gelecek için ulaşım politikalarının belirlenmesinde kaza tahmin modellerinin parametrelerinin ve bu parametrelere bağlı olarak tahmin sonuçlarının belirlenmesinin önemi artmaktadır.

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: ofaruk.cansiz@iste.edu.tr

Çalışmada, TÜİK ve EGM'den alınan 38 yıllık veri setleri ile çeşitli kombinasyonlar yapılarak ölü sayısı tahmin modelleri oluşturulmaktadır. Model kombinasyonları iki farklı YSA ve LR yöntemleri ile analiz edilerek, analizler sonucunda elde edilen ölü sayısı ve gerçek ölü sayısı istatistiksel değerlendirilmeler ile karşılaştırılmaktadır.

2. Önceki Çalışmalar

Trafik kazaları sonucu meydana gelen ölüm ve yaralanmaları araştıran birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birincisi olan Smeed'in (1949) çalışmasında, trafikteki makro değişkenler ile ölü sayısı arasındaki ilişki tanımlanmaya çalışılmıştır. Smeed, kişi başına düşen taşıt sayısının artması ile ilişkili olarak taşıt başına düşen ölüm sayısının azaldığını görmüş ve buna istinaden kendi adını da verdiği bir denklem kurmuştur.

$$D=0,0003xN^{1/3}xP^{2/3} \quad (1)$$

Denklem 1'de N araç sayısı, P nüfus ve D ölü sayısına karşılık gelmektedir. Fouracre ve Jacobs (1977), Smeed Denklemi (SD) 30 gelişmekte olan ülkeye uyarlayarak geliştirmişlerdir. Leeming (1976) farklı yıllarda farklı ülkelere göre SD'nde düzenlemeler yapmıştır. Adams (1985) kaza kara noktaları belirlenmesinde ve taşıt güvenliği uygulamalarında Smeed kanunundan yararlanmıştır. Silvak (1983), SD'nde kayıtlı taşıt sayısı değişkeni yerine taşıt-km değişkenini kullanarak farklı bir uygulama yapmıştır. Abdelwahab ve Adel-aty (2001) çevre, yol, araç, sürücü, sürücü yaralanma şiddeti gibi faktörler arasındaki ilişkileri esas alan Yapay Sinir Ağları (YSA) modelleri geliştirerek sonuçlar elde etmiştir.

Sebetçi (2002) karayollarında meydana gelen trafik kazalarında taşıt lastiklerini etkisini incelemiştir. Yaptığı araştırmalarda 2000 yılına ait trafik kazaları verileri incelendiğinde %0.38 oranında kazaların taşıtlardan kaynaklandığını ve bu oranın %56.75'inde kusurlu lastik ve lastik patlamasından kaynaklandığını tespit etmiştir. Korkmaz (2005), karayollarında 1990-2002 yıllarında meydana gelen kazaları basit ve çoklu regresyon analizi ile modellemiştir. Çalışmada trafik kazalarında etkili olan motorlu araç sayısı, ağır vasıta taşıt sayısı, kişi başı gayri safi milli hasıla, karayolu ağı uzunluğu, otoyol uzunluğu, bölünmemiş karayolu ağı uzunluğu, nüfus, asfalt- beton yol ağı uzunluğu, trafige yeni katılan araç sayısı, yeni ehliyet alan sürücü sayısı, 0-2 yıl arası ehliyete sahip sürücü sayısı ve ehliyet aldıkları yıllara göre ölümlü veya yaralanmalı kazaya karışan sürücü sayısı gibi veriler kullanılmıştır.

Özkan (2006), trafik kazalarının sebebini incelemek amacıyla Çoklu Doğrusal Olay Analizi metodunu kullanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucu veri olarak sadece kaza tespit tutanaklarının incelenmesi çok sığ ve basit kaldığı için sadece sebep-sonuç ilişkileri incelenmiştir. Akgüngör ve Doğan (2008), 1986-2005 yıllarında nüfus, araç, kaza, yaralı ve ölü sayılarına ait verileri kullanarak Türkiye için kaza modelleri geliştirmiştir. Bu çalışmada yöntem olarak Smeed ve Andreassen modellerinden yararlanılmış ve Smeed modeli geliştirilerek Smeed benzeşim modeli adında bir model oluşturulmuştur.

Üneş (2010), baraj hazne seviyesindeki değişimleri tahmin etmek için YSA ve Oto-regresif (AR) modelleri kullanmıştır. Üneş (2010) diğer bir çalışmasında; baraj haznesinde yoğunluk ve çevrinti akımları sonrasında oluşan batma noktasındaki derinlik değişimini tahmin etmek için YSA, Çoklu Lineer Regresyon ve matematiksel yöntemleri kullanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında, YSA model tahminleri deneyle elde edilen verilere daha yakın çıkmıştır. Üneş vd. (2013), baraj rezervuar hacmindeki değişimi tahmin etmek için YSA ve Destek Vektör yöntemlerini kullanmışlardır.

3. Gereç ve Yöntem

3.1. Gereç

Çalışmada TÜİK, KGM, EGM' den alınan nüfus, taşıt sayısı, taşıt kilometre ve sürücü sayısı verileri bağımsız değişken; ölü sayısı ise bağımlı değişken olarak alınmaktadır. Kurumlardan alınan verilerin dağılımları Şekil 1'de görülmektedir.

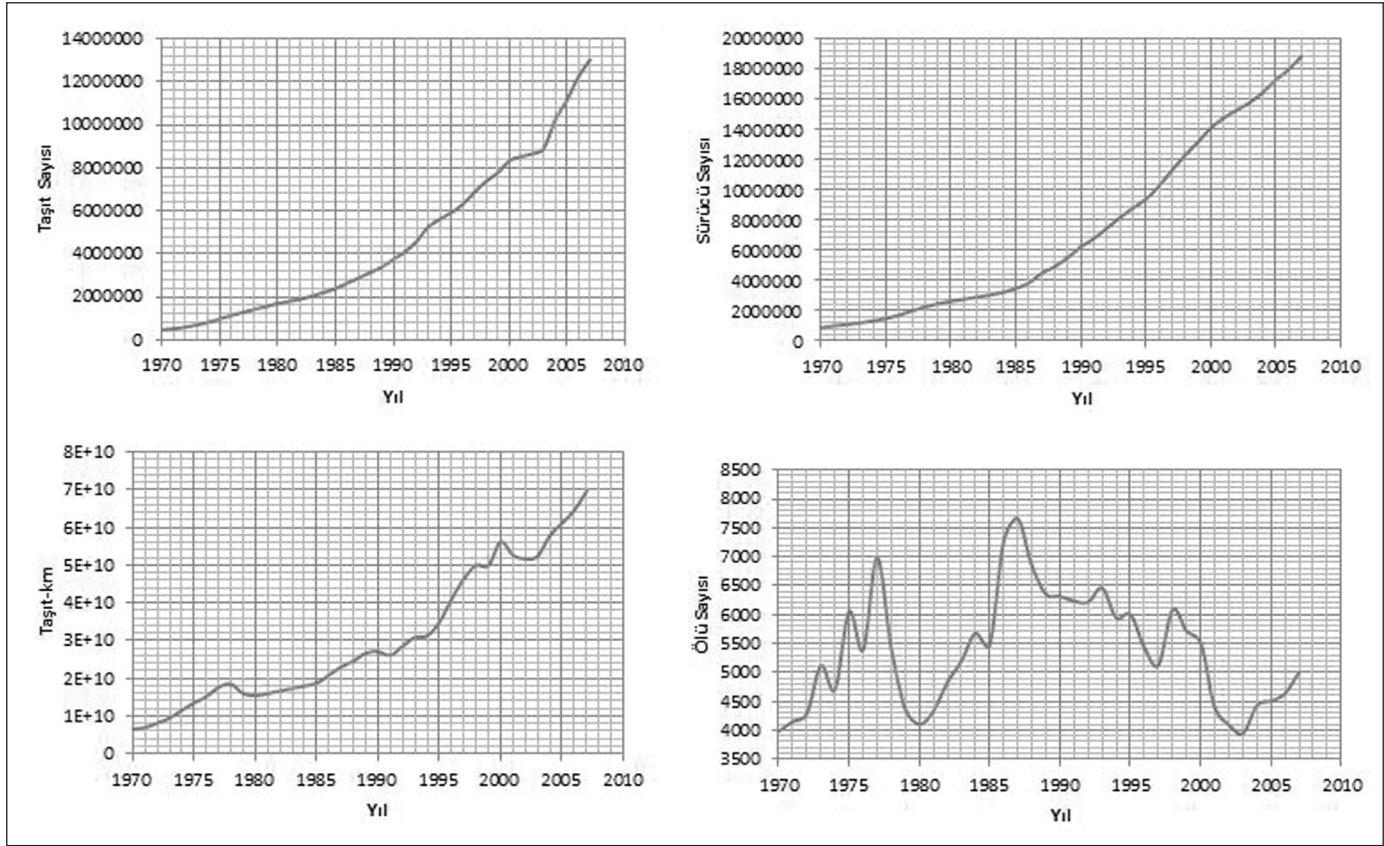
3.2. Yöntem

Çalışmada doğrusal, etkileşimli, ikinci dereceden ve basit ikinci dereceden logaritmik regresyon ile yapay sinir ağları yöntemleri kullanılmaktadır. Tahmin modelleri MATLAB programından yararlanılarak oluşturulmaktadır.

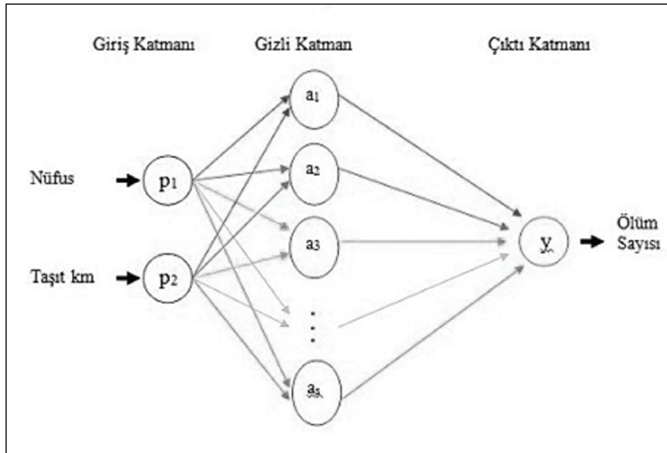
Regresyon analizi, bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri ne ölçüde etkilediğini belirlemede kullanılan bir yöntemdir.

Regresyon tekniği belirlenirken mevcut veri tipi dikkate alınmaktadır. Yapılan çalışmada elde edilen verilere göre uygun regresyon tipi logaritmik regresyon çıkmaktadır. Regresyon analizi yapılırken Smeed'in (1949) geliştirdiği logaritmik regresyon modeli örnek alınarak analizler yapılmaktadır.

Regresyon ve YSA analizinde, trafik kazalarında meydana gelen ölü sayılarını tahmin etmek için değişkenler 2, 3 ve 4'lü gruplar halinde sınıflandırılmaktadır. Yapılan sınıflandırmada 2'li; Nüfus, Sürücü Sayısı (NSS), Nüfus,



Şekil 1. Türkiye'de 1970-2007 yılları arasında trafik verilerinin dağılımı.



Şekil 2. İleri beslemeli 3 katmanlı ağ.

Taşıt Kilometre (NTK), Nüfus, Taşıt Sayısı (NTS), Taşıt Kilometre, Sürücü Sayısı (TKSS), Taşıt Sayısı, Sürücü Sayısı (TSSS) ve Taşıt Sayısı, Taşıt Kilometre (TSTK), 3'lü; Nüfus, Taşıt Kilometre, Sürücü Sayısı (NTKSS), Nüfus, Taşıt Sayısı, Sürücü Sayısı (NTSSS), Nüfus, Taşıt Sayısı, Taşıt Kilometre (NTSTK), Taşıt Sayısı, Taşıt Kilometre, Sürücü Sayısı (TSTKSS) ve 4'lü; grup olarak Nüfus, Taşıt

Sayısı, Taşıt Kilometre, Sürücü Sayısı (NTSTKSS) tahmin modelleri oluşturulmaktadır.

Trafik kazalarını etkileyen değişkenlerin çok fazla olması ve bunların karmaşık özelliklere sahip olması, bu değişkenlere bağlı olarak tahminlerin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Karmaşık ve nonlineer ilişkilerin tahmin modellerinin oluşturulmasında oldukça büyük kolaylıklar ve başarılı sonuçlar sağlayan yapay zeka tekniklerinden biriside Yapay Sinir Ağları (YSA) metodudur. Ayrıca YSA tahmin modellerinin oluşturulmasında herhangi bir ön kabul yapmaya gerek duyulmamaktadır. Bu da aynı zamanda YSA metodunu çok kullanışlı hale getirmektedir.

Çalışmada oluşturulan YSA modelleri Şekil 2'de görüldüğü gibi girdi katmanı, bir gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Karmaşık problemlerin çözümünde genel tek gizli katmanın kullanılması sonuca ulaşmak için yeterli olmaktadır. (Cybenko 1989, Hornik vd. 1989)

Modellerde YSA analizlerinde yaygın olarak kullanılan çok katmanlı, ileri beslemeli ağ yapısı kullanılmaktadır. Oluşturulan modellerin eğitilmesinde MATLAB programında kullanılan yaygın öğrenim algoritmaları seçilmektedir. Seç-

len öğrenim algoritmaları Gradient Descent (GD), Gradient Descent Moment (GDM) ve Levenberg-Marquardt (LM) olmakta ve bu algoritmalar kullanılarak farklı yapılar da YSA modelleri oluşturulmaktadır. Yapılan analiz sonucu en iyi sonuç veren öğrenim algoritması seçilerek bir sonraki adıma geçilmektedir. Nöronların içerisinde, Matlab'de kullanılan purelin, tan-sig, log-sig transfer fonksiyonları kullanılmaktadır. Purelin transfer fonksiyonu lineer özellik gösterirken, tan-sig, log-sig fonksiyonları eğrisel özellik göstermektedir.

4. Bulgular ve Tartışma

4.1. Regresyon Tekniği ile Verilerin Analizi

Çalışmada regresyon tekniği kullanılarak oluşturulan modellerde, gerçek değerlerin logaritması alınarak modellerin performans değerleri incelenmektedir. Multi Linear Regresyon tekniklerinden Linear, Interaction, Quadratic, Purequadratic olmak üzere 4 çeşit teknik kullanılmaktadır. Tahmin modellerinde nüfus, taşıt sayısı, taşıt kilometre ve sürücü sayısı bağımsız değişkenlerinden 11 farklı kombinasyon oluşturulmakta ve her bir kombinasyona 4 farklı regresyon tekniği uygulanmaktadır. Böylece 44 adet ÖS tahmin modeli oluşturulmaktadır. Oluşturulan modellerin performans değerlerini incelemek amacıyla Korelasyon Katsayısı (R), Ortalama Karesel Hata (OKH) ve Ortalama Yüzde Hata (OYH) değerlerine bakılmaktadır. Çizelge 1'de bu değerler görülmektedir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi oluşturulan regresyon modellerinden en iyi sonucu OKH en düşük çıkarak 5 değişkenli ÖSNTSTKSS Quadratic regresyon modeli vermektedir.

OKH değerine göre en iyi sonucu veren Quadratic regresyon modelinin denklemi aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} \text{ÖS} = & -1163,3645687211 * N^{358,105324526825} * TS^{-66,11156695863} * \\ & TK^{-316,326478643781} * SS^{289,256418879635} * (N * TS)^{4,353293021615} * (N * \\ & TK)^{14,776453254629} * (N * SS)^{-12,014567081573} * (TS * TK)^{-1,937275561479} * \\ & (TS * SS)^{4,224572601853} * (TK * SS)^{-7,725783471538} * (N^2)^{-16,512211933319} * \\ & (TS^2)^{-1,046486053413} * (TK^2)^{4,232010294639} * (SS^2)^{1,484586259393} \end{aligned} \quad (2)$$

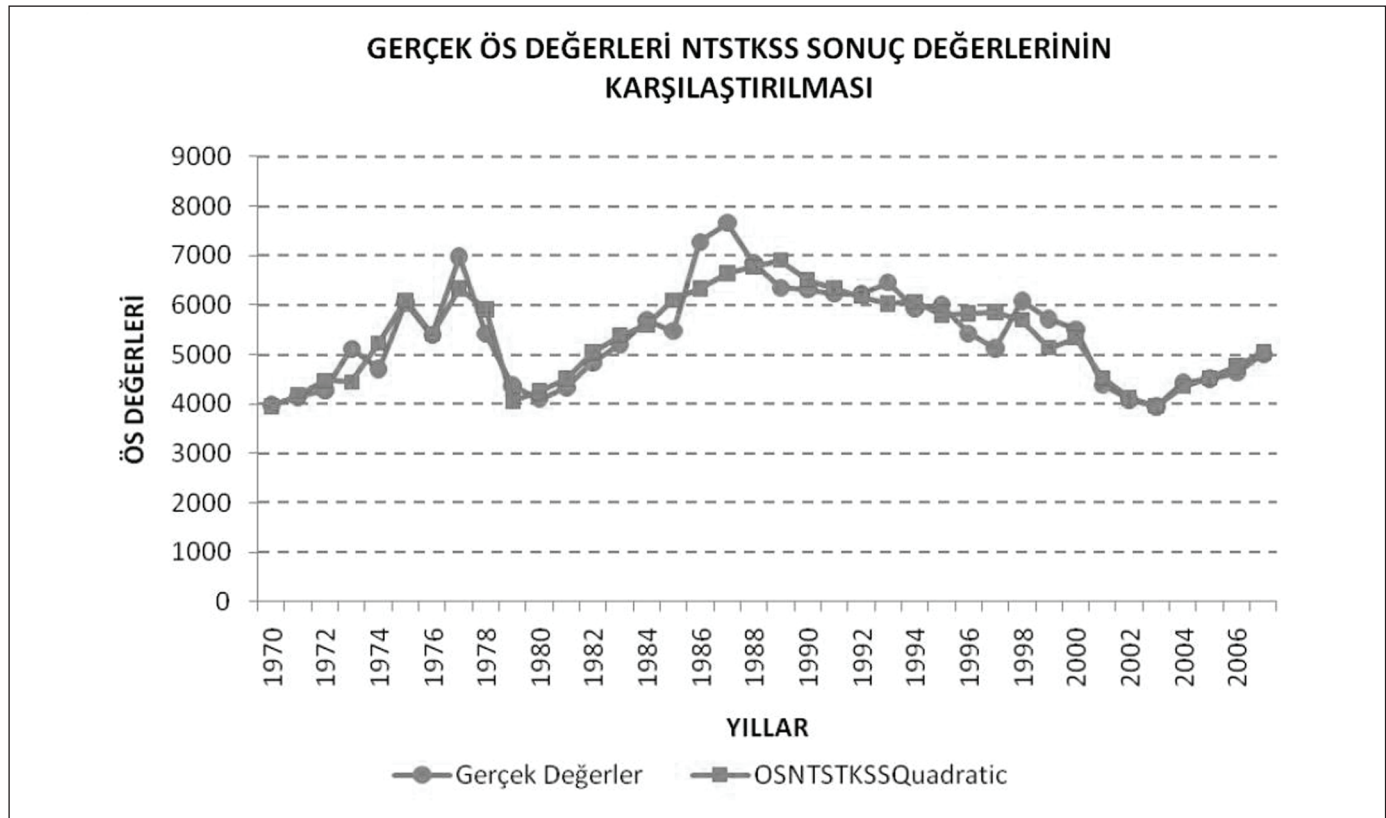
Şekil 3'de görüldüğü gibi gerçek ÖS değerleri ile regresyon modelinden elde edilen verilerin yıllara göre dağılımlarında genel olarak bir uyum yakalanmakta fakat 1985-1987 yıllarında tahmin değerlerinde kısmen sapmalar gözlenmektedir.

4.2. YSA Tekniği ile Modellerin Analizi

Çalışmada YSA'da modelleme yapılırken nüfus, taşıt

Çizelge 1. Regresyon tekniği kullanılarak oluşturulan ÖS modellerinin performans değerleri.

Modeller	R	OKH	OYH (%)
ÖSNTSLinear	0.04	936003	15.18
ÖSNTSInteraction	0.41	570155	11.14
ÖSNTSQuadratic	0.53	481943	9.68
ÖSNTSPurequadratic	0.48	511998	10.24
ÖSNTKLinear	0.01	957211	15.30
ÖSNTKInteraction	0.45	526287	11.08
ÖSNTKQuadratic	0.52	468786	10.01
ÖSNTKPurequadratic	0.46	525052	10.70
ÖSNSSLinear	0.03	931001	15.28
ÖSNSSInteraction	0.44	543679	11.02
ÖSNSSQuadratic	0.48	511183	10.39
ÖSNSSPurequadratic	0.48	516928	10.49
ÖSTSTKLinear	0.01	955399	15.38
ÖSTSTKInteraction	0.41	564605	11.68
ÖSTSTKQuadratic	0.45	538515	10.96
ÖSTSTKPurequadratic	0.42	548396	11.42
ÖSTSSSLinear	0.17	829811	14.48
ÖSTSSSInteraction	0.39	590127	11.47
ÖSTSSSQuadratic	0.44	546141	10.38
ÖSTSSSPurequadratic	0.43	556261	10.90
ÖSTKSSLinear	0.03	946046	15.26
ÖSTKSSInteraction	0.44	536117	11.50
ÖSTKSSQuadratic	0.51	478258	10.01
ÖSTKSSPurequadratic	0.44	539974	11.52
ÖSNTSTKLinear	0.05	931183	15.07
ÖSNTSTKInteraction	0.79	221363	6.98
ÖSNTSTKQuadratic	0.83	187667	5.67
ÖSNTSTKPurequadratic	0.78	234220	7.26
ÖSNTSSSLinear	0.18	811985	14.60
ÖSNTSSSInteraction	0.49	510787	10.34
ÖSNTSSSQuadratic	0.55	455010	9.21
ÖSNTSSSPurequadratic	0.49	510333	10.32
ÖSNTKSSLinear	0.07	902153	14.80
ÖSNTKSSInteraction	0.57	430974	10.22
ÖSNTKSSQuadratic	0.71	287016	7.87
ÖSNTKSSPurequadratic	0.55	443535	10.34
ÖSTSTKSSLinear	0.17	829472	14.49
ÖSTSTKSSInteraction	0.60	396594	8.91
ÖSTSTKSSQuadratic	0.62	384159	8.64
ÖSTSTKSSPurequadratic	0.59	402469	9.17
ÖSNTSTKSSLinear	0.18	811464	14.57
ÖSNTSTKSSInteraction	0.82	197112	6.32
ÖSNTSTKSSQuadratic	0.86	154177	5.02
ÖSNTSTKSSPurequadratic	0.80	214174	6.83



Şekil 3. Gerçek ÖS değerleri ile Quadratic regresyonun NTSTKSS modelinden elde edilen verilerin karşılaştırılması.

sayısı, taşıt kilometre ve sürücü sayısı bağımsız değişken olarak alınarak ölü sayısı tahmin modelleri oluşturulmaya çalışılmaktadır.

YSA analizlerinde modeller oluşturulurken kullanılan veri setleri önceden yapılmış çalışmalara uygun olarak verilerin ilk 26 yılı (toplam verilerin %70' i) modelin eğitilmesi için, son 12 yılı (toplam verilerin %30'u) ise modeli test etmek için seçilmektedir. Bu bölümde oluşturulan modellerde sadece eğitim ve test veri setleri kullanılmaktadır.

Oluşturulan modelin gizli katmanlarında farklı nöron sayıları bulunmasının yanı sıra farklı öğrenim algoritmaları ile eğitilmekte ve farklı transfer fonksiyonuna sahip olmaktadır. Ayrıca performans fonksiyonu olarak OKH değerlerinden de yararlanılmaktadır.

Çizelge 2'de tarihsel veri seti kullanılarak oluşturulan modellerin R, OKH, OYH değerleri verilmektedir. İdeal modeli seçebilmek için test aşamasındaki OKH değerleri göz önünde bulundurulmaktadır. Buna göre en düşük 130231 test OKH değeri ile en iyi model TKSS çıkmaktadır. Korelasyon katsayısı ve OYH değerleri incelendiğinde ise diğer modellere göre TKSS üstünlük göstermemektedir.

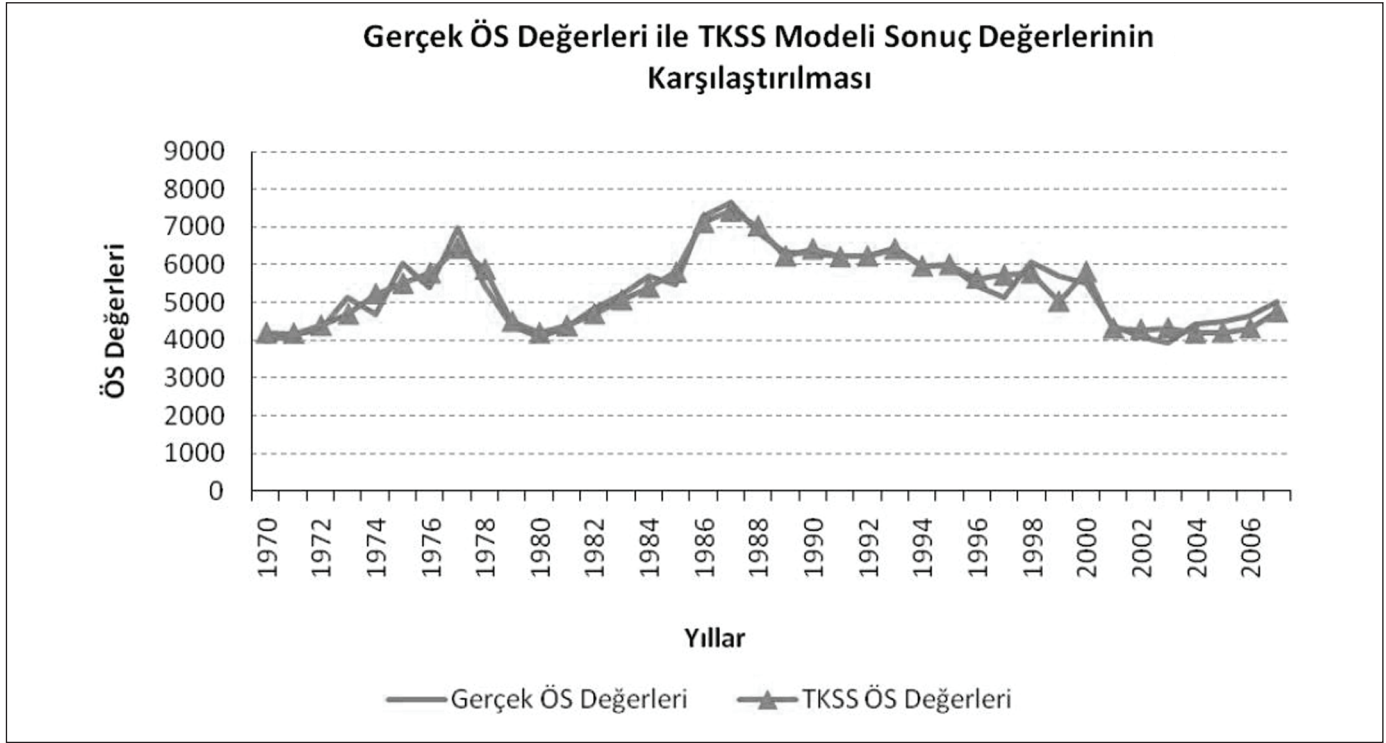
Fakat yine de diğer modellere göre TKSS modelinin R ve OYH değerleri sıralamada çok gerilerde kalmamaktadır.

Tarihsel veri seti kullanılarak oluşturulan YSA modellerinden en iyi model olarak seçilen TKSS modelinin ÖS değerleri ile gerçek ölü sayısı değerlerinin dağılımları Şekil 4'de görülmektedir. Dağılım incelendiğinde gerçek ÖS değerleri ile TKSS modelinden elde edilen ÖS değerlerinin birbirine çok yakın bir trend sergilediği görülmektedir.

4.3. En İyi Logaritmik Regresyon ve YSA Modelleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

Regresyon yöntemi ile makro değişkenlerin logaritması alınarak yapılan modellemelerde en iyi performansı NTSTKSS modeli göstermektedir. YSA analizi sonucu tarihsel veri aralığı belirtilerek oluşturulan modellemelerde en iyi sonucu TKSS modeli vermektedir. Çizelge 3'de bu analiz sonucu en iyi performans sergileyen modellerin R, OKH, OYH değerleri verilmektedir. Modellerin OKH değerleri incelendiğinde en iyi performansı 130231 değeri ile YSA da modellenen TKSS göstermektedir.

Şekil 5'te ki grafikte her bir teknik için en iyi performans değerlerine sahip modellerin gerçek değerler ile karşılaştı-



Şekil 4. Gerçek ÖS değerleri ile YSA'dan elde edilen TKSS modelinin ÖS değerlerinin karşılaştırılması.

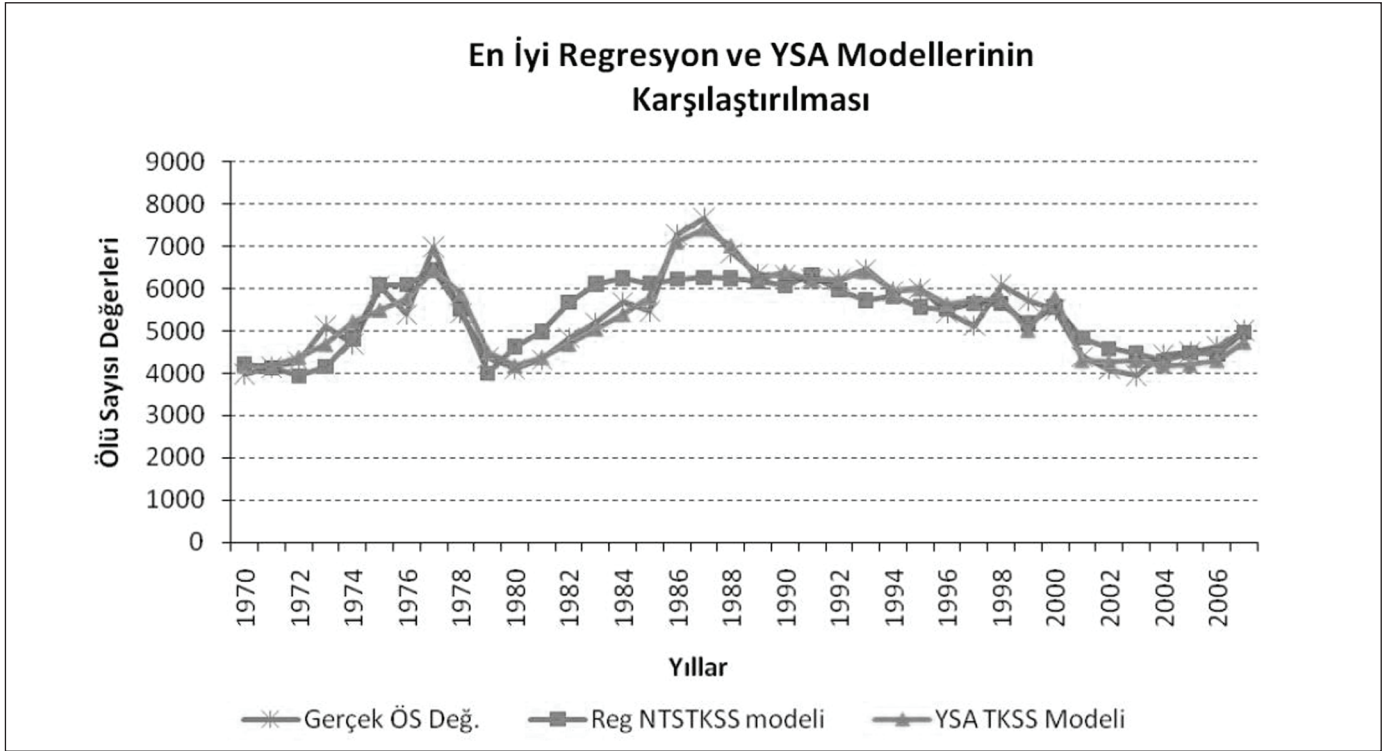
Çizelge 2. Tarihsel veri seti kullanılarak oluşturulan modellerin R, OKH, OYH değerlerinin dağılımları.

Modeller	R			OKH			OYH (%)		
	Eğitim	Test	Toplam	Eğitim	Test	Toplam	Eğitim	Test	Toplam
NTS	0.825	0.384	0.781	183977	262626	208813	5.71	9.13	6.79
TSSS	0.894	0.455	0.843	112831	235869	151685	4.4	9.12	5.89
NTK	0.876	0.609	0.845	130699	190672	149638	5.14	7.81	5.98
TKSS	0.933	0.725	0.906	71964	130231	90365	3.68	6.51	4.58
NSS	0.854	0.541	0.821	157379	235545	182063	4.81	9.27	6.22
TSTK	0.927	0.592	0.882	78223	186837	112522	3.64	7.75	4.94
NTSSS	0.935	0.458	0.865	69014	267847	131803	3.13	6.83	4.3
TSTKSS	0.924	0.785	0.897	80161	147899	101552	3.75	6.1	4.49
NTSTK	0.944	0.637	0.905	59128	161088	91326	3.19	6.19	4.14
NTKSS	0.954	0.818	0.911	48708	185146	91794	2.79	6.05	3.82
NTSTKSS	0.946	0.702	0.902	56827	179330	95512	2.79	7.75	4.36

Çizelge 3. Regresyon ve YSA teknikleri ile oluşturulan en iyi tahmin modelleri.

Modeller	R	OKH	OYH (%)
NTSTKSS(Logaritmik)	0.86	154177	5.41
TKSS(YSA Tarihsel)	0.725	130231	6.51

rılması görülmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi regresyon analizine göre YSA TKSS modelinin verdiği sonuçlar gerçek değerlere daha yakın çıktığı görülmektedir. Bu da YSA'yı tahmin yöntemleri arasında, lineer olmayan makro değerler arasında iyi ilişki kurması ile güvenilir bir tahmin tekniği yapmaktadır.



Şekil 5. En iyi regresyon ve YSA modellerinin gerçek değerler ile karşılaştırılması.

5. Sonuç ve Öneriler

Karayollarında her geçen gün taşıt sayısı, nüfus, sürücü sayısının artması ile birlikte kaza sayıları artmakta ve buna bağlı olarak ölü sayısı da artmaktadır. Bunun sonucunda toplumlar ekonomik ve sosyal yönden olumsuz yönde etkilenmektedir. Trafik kazalarının azaltılması amacıyla ulaştırma politikalarının geliştirilmesi ve böylelikle taşımacılığın sağlıklı gelişiminin sağlanması gerekmektedir. Geliştirilen politikaların sağlıklı olabilmesi referans aldığı tahmin değerlerinin gerçekliğe yakınlığı ile ilgili olmaktadır. Bu yüzden trafik kazalarında meydana gelen ölü sayısının tahmin edilmesi, trafik mühendislerinin uzun yıllar araştırdığı kapsamlı bir konu haline gelmektedir.

- Bu çalışmada daha önce geliştirilmiş olan logaritmik regresyon denkleminde sürücü sayısı ve taşıt kilometre gibi yeni bağımsız değişkenler eklenerek denklem daha da geliştirilmekte ve YSA tahmin metodu ile kıyaslamalar yapılmaktadır.
- Çalışmada 1970-2007 yılları arasında 38 yıllık süreçteki nüfus, taşıt sayısı, sürücü sayısı ve taşıt kilometre veri setlerinin logaritması alınarak oluşturulan tahmin modellerinin R, OKH, OYH gibi değerleri dikkate alınarak incelendiğinde en iyi performansı NTSTKSS

göstermektedir. Bu modelin R değeri 0.86, OKH değeri 154177 ve OYH değeri ise %5.02 çıkmaktadır.

- Nüfus, taşıt sayısı, taşıt kilometre ve sürücü sayısı bağımsız değişkenleri ile YSA tekniği kullanılarak ölü sayısı tahmin modelleri oluşturulmaktadır. YSA ile oluşturulan modellerde R 0.725, OKH 130231 ve OYH %6.51 ile en iyi sonucu TKSS modeli vermektedir.
- En iyi regresyon ve YSA modellerinin sonuçları incelendiğinde, birçok araştırmacı tarafından kullanılan (Smeed, Jacobs) logaritmik regresyon modeline yeni değişkenler eklenerek daha iyi sonuç elde edilmesine rağmen, YSA modellerinin logaritmik regresyon modellerine göre daha üstün çıktığı görülmektedir. Bu da YSA metodunun Türkiye verilerine göre dalgalanmaları daha iyi yakaladığını ve daha kolay çözüme giden iyi bir alternatif yol olduğunu ortaya koymaktadır.
- Yaptığımız çalışma, ileride yapılacak olan ölüm sayısı tahmin modellemelerinde nüfus, taşıt sayısı, taşıt kilometre, sürücü sayısı gibi faktörlerin dışında insani faktörlerin yani sürücü, yaya, yolcu psikolojisi gibi etmenlerin eklenmesi daha fazla değişkene sahip modellemelerin analizine destek sağlayacağı düşünülmektedir.

6. Kaynaklar

- Abdelwahab, HT., Abdel-Aty. 2001.** M.A., Development of ANN Models to Predict Driver Injury Severity in Traffic Accidents at Signalized Intersections. *Transport. Res. Rec.*, 1746: 6-13.
- Adams, J. 1985.** Smeed's Law, Seat Belts, and The Emperor's New Clothes. *Human Behav. Traffic Saf.*, 193-257.
- Akgüngör, AP., Doğan, E., 2008.** Smeed ve Andreassen Kaza Modellerinin Türkiye Uygulaması: Farklı Senaryo Analizleri. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 23 (4): 821-827.
- Cybenko, G., 1989.** Approximation by superpositions of sigmoidal function. *Mathematics Control, Signals Syst.*, 2: 303-314.
- EGM, Emniyet Genel Müdürlüğü, 2009.** www.egm.gov.tr.
- Fouracre, PR., Jacobs, GD., 1977.** Further Research on Road Accident Rates in Developing Countries, TRRL Supplementary Report 270, Transport Research Laboratory, Crowthorne.
- KGM, 2009.** Karayolları Genel Müdürlüğü Planlama Fen Heyeti.
- Korkmaz, Y. 2005.** Türkiye Karayollarında Meydana Gelen Trafik Kazalarının Çoklu Regresyon Analizi ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 76 s.
- Leeming, JJ. 1976.** Comparing International Road Accident Deaths, AGARD Conference Proceedings, 41 (1761): 15-17.
- MATLAB, 2009.** Neural Network Toolbox, The MathWorks Inc., Natick, MA.
- Özkan, M. 2006.** Trafik Kazalarının Analizinde Çoklu Doğrusal Olay Analiz Metodunun Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 80 s.
- Sebetçi, Ö. 2002.** Araç Lastikleri ve Trafik Kazalarında Lastiğin Yeri ve Önemi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 86 s.
- Silvak, M. 1983.** Society's Aggression Level as a Predictor of Traffic Fatality Rate. *J. Safety Res.*, 14: 93-99.
- Smeed, RJ. 1949.** Some Statistical Aspects of Road Safety Research. *J. Royal Statis. Soc. Series A* (112): 1-34.
- TÜİK, 2008.** Trafik Kaza İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>.
- Üneş, F. 2010.** Dam reservoir level modeling by neural network approach. A case study. *NN W*, 4(10): 461-474.
- Üneş, F. 2010.** Prediction of Density Flow Plunging Depth in Dam Reservoirs: An Artificial Neural Network Approach. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 38 (3): 296-308.
- Üneş, F., Yıldırım, S., Cigizoğlu, HK., Coşkun, H. 2013.** Estimation of Dam Reservoir Volume Fluctuations Using Artificial Neural Network and Support Vector Regression. *J. Enng. Res.*, 1 (3): 53-74.