

Trafik Kaza Sayısının ve Yaralı Sayısının Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Yöntemleri ile Tahmini

Ömer Faruk CANSIZ^{1,*}, İbrahim ERGİNER², Merve ERGİNER³

^{1,2,3}İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, PK: 31200, İskenderun, Hatay

¹<https://orcid.org/0000-0001-6857-2513>

²<https://orcid.org/0000-0002-6001-3124>

³<https://orcid.org/0000-0002-4399-9585>

*Sorumlu yazar: ibrahim.erginer.mfbe18@iste.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 15 Şubat 2020

Kabul tarihi: 15 Mayıs 2020

Online Yayınlanma: 15 Haziran 2020

Anahtar Kelimeler:

Kaza sayısı

Kusur türleri

Yaralı sayısı

Yapay sinir ağları

Çok değişkenli regresyon analizi

ÖZET

Trafik kazaları tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz için de önemli bir problemdir. Trafik kazalarının birçoğu ölüm ve yaralanmalarla sonuçlanmaktadır. Kazaların meydana gelmesinde etkili olan birçok faktör bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında insana, yola ve araca bağlı kusurlardan kaynaklanan trafik kazaları incelenmiştir. Trafik kazalarının sayısı ve bu kazalardaki yaralanma sayılarının tahmini için modeller oluşturulmuştur. Bu modeller yapay zeka tekniklerinden yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ve çok değişkenli regresyon yöntemleriyle oluşturulmuştur. 2002-2017 yıllarına ait Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma Genel Komutanlığı'ndan temin edilen verilerle bir veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setinde nüfus, sürücü kusuru, araç kusuru, yolcu kusuru, yaya kusuru, yol kusuru değişkenleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak kaza sayısı ve yaralı sayısı değişkenleri kullanılmıştır. Oluşturulan veri seti ile Matlab 2017a programında analizler yapılmıştır. YSA yöntemi ve çok değişkenli regresyon yöntemleriyle oluşturulan modeller korelasyon katsayısı (R), hataların karelerinin ortalaması (HKO) ve ortalama yüzde hata (OYH) değerlerine göre kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre YSA ile oluşturulan tahmin modellerinin çok değişkenli lineer regresyon modeli ve pure quadratic regresyon modelinden daha başarılı sonuçlara ulaştığı gözlemlenmiştir.

Estimation Number of Traffic Accidents and Number of Injured by Artificial Neural Networks and Regression Methods

Research Article

Article History:

Received: 15 February 2020

Accepted: 15 May 2020

Published online: 15 June 2020

Keywords:

Number of accident

Types of defects

Number of injured

Artificial neural networks

Multivariate regression analysis

ABSTRACT

Traffic accidents are a problem for our country as well as all over the world. Most traffic accidents result in deaths and injuries. There are many factors that are effective in the occurrence of accidents. In this study, traffic accidents caused by human, road and vehicle related defects are examined. Models are created to estimate the number of traffic accidents and the number of injuries in these accidents. These models are formed by artificial neural network techniques (ANN) and multivariate regression methods. A data set is formed by data obtained from General Directorate of Security and General Directorate of Security between 2002 and 2017. In the data set, population, driver defect, vehicle defect, passenger defect, pedestrian fault, road fault variables are used as independent variables. The number of accidents and the number of injured variables are used as dependent variables. Analyzes are made in Matlab 2017a software with the data set. The models created by ANN method and multivariate regression methods are compared according to the correlation coefficient, mean squared errors and mean percentage errors. According to the results, proposed prediction models based on the ANN have more successful results than the multivariate linear regression and pure quadratic regression models.

1. Giriş

Yük ve yolcu taşımacılığında ülkemizde karayolları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Karayolları sağladığı çeşitli avantajlardan dolayı diğer ulaşım sistemlerine göre daha çok tercih edilmektedir. Kaza riski diğer ulaşım sistemlerine göre daha fazla olan karayollarının ülkemizde daha çok kullanılması istenilmeyen bir durumdur. Karayollarının yoğun bir şekilde kullanılması çeşitli olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Örneğin trafikteki taşıt sayısı artmaktadır. Buna bağlı olarak hava kirliliği, yakıt kullanımı, trafik kazaları meydana gelmektedir. Bu trafik kazaları genellikle ölüm ve yaralanma olayları ile sonuçlanmaktadır. Meydana gelen trafik kazalarının sayısını azaltmak ve dolayısıyla ölüm-yaralanma olaylarını azaltmak gerekmektedir. Bu nedenle kazaya sebep olan faktörleri ortadan kaldırmak veya azaltmak gerekmektedir.

Kazalara sebebiyet veren faktörlerin ne ölçüde insana, yola veya araca bağlı olduğunu belirleyebilmek alınacak önlemler açısından önemli olmaktadır. Bu faktörlerin kaza sayısını ne ölçüde etkilediği bilinirse; kaza sayısı, ölü sayısı ve yaralı sayısı hakkında yorum yapılabilir.

YSA ve istatistiksel yöntemler kullanılarak enerji ve kaza sayısı tahmin modeli geliştirilmesi ile ilgili literatürde birçok çalışma yer almaktadır. Cansız [1], 1988-2005 yılları arasında enerji analizi yapılarak ulaşımda türlere göre enerji yoğunluğu değerleri belirlemiştir. Bu değerlere göre 1970-1987 ve 2006-2020 arasındaki dönemlerdeki enerji tüketim tahminleri yapılmıştır. Çalışmada 1970-2020 yılları arasında ulaştırma sektöründeki enerji tüketiminin şu andaki durumu, değişimi ve gelişimi ortaya konulmuş ve YSA metodundan faydalanılarak enerji maliyeti tahmin modeli geliştirilmiştir [1].

Turhan ve ark. [2], YSA ile 148 adet çok katlı binanın toplam enerji tüketimi tahmin etmiştir. Enerji tüketimini etkileyen imar durumu, ısıtma sistemi tipi, izolasyon varlığı, duvar toplam ısı transfer katsayısı, cam tipi, alan/hacim oranı, toplam dış yüzey alanı ve kat sayısı etkenleri kullanılarak örnek binaların enerji performansları değerlendirilmiştir. Analizler incelendiğinde enerji tüketimine en çok etki eden parametrenin

binanın ısıtma sistemi tipi olduğu belirlenmiştir [2].

Es ve ark. [3], YSA ile Türkiye'nin enerji talebini tahmin etmiştir. 1970-2010 yılları arasındaki Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH), nüfus, ithalat, ihracat, bina yüz ölçümü ve taşıt sayısı girdi olarak kullanılmış ve YSA modelinin tahmin performansı, çoklu doğrusal regresyon tekniği ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda YSA'nın daha iyi tahmin verdiği görülmüştür [3]. Cansız ve ark. [4] tarafından Türkiye'de kaza sayısı, YSA ve regresyon modelleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Nüfus, sürücü sayısı, taşıt-km ve taşıt sayısı bağımsız değişkenleri oluşturulan modellerde en iyi YSA modeli ile en iyi regresyon modeli karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda YSA modelinin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [4].

Cansız ve ark. [5], Emniyet Genel Müdürlüğü ve Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan verilerle regresyon ve YSA yöntemi ile tahmin modelleri oluşturmuştur. Nüfus, sürücü sayısı, taşıt sayısı, taşıt-km verileri bağımsız değişken, yaralı sayısı verileri ise bağımlı değişken alınarak 2'li, 3'lü, 4'lü bağımsız değişken kombinasyonları yapılarak çeşitli modeller oluşturulmuştur. Hataların karelerinin ortalaması (HKO), ortalama yüzde hata (OYH) ve korelasyon katsayısı (R) değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır. Yaralı sayısı tahmin modellerinde YSA modellerinin regresyon modellerine kıyasla gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [5].

Cansız ve ark. [6], YSA metodu kullanarak motorlu araç kazalarında ölümcül yaralanan kişilerin sayısı için tahmin modeli (ANNEFA) oluşturmuştur. Yapay Sinir Ağı Tahmini Ölümcül Kaza (ANNEFA) modeli için, sosyal ve trafik ile ilgili değişkenler, nüfus ve motorlu araç kayıtları veri seti olarak kullanılmıştır. Bu tahmin sonuçlarına göre 14 nörona, tansig transfer fonksiyonuna ve Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasına sahip olan ANNEFA modeli, en iyi sonucu vermiştir [6]. Akgüngör ve Doğan [7], İzmir ili için regresyon, YSA ve genetik algoritma yöntemleri kullanarak kaza sayısı tahmini

yapmıştır. Bir diğer çalışmada ise Smeed ve Andreassen modellerinden yararlanılarak tahmin modelleri geliştirilmiştir [8].

Bu çalışmada, nüfus, sürücü kusuru, yol kusuru, yolcu kusuru, yaya kusuru ve araç kusurlarına göre kaza sayısı ve yaralı sayısı tahmin edilmiştir. Bu amaçla tahmin modelleri oluşturulurken yapay zekâ tekniklerinden yapay sinir ağları (YSA) ve çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemleri kullanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, kusur türlerine göre karayollarında meydana gelen kaza sayısı ve yaralı sayısı için tahmin modelleri oluşturulmuştur. Tahmin modelleri oluşturulurken YSA ve çok değişkenli regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Tahmin modelleri oluşturulurken 2002-2017 yılları arasında kapsayan nüfus, sürücü kusuru, araç kusuru, yolcu kusuru, yaya kusuru, yol kusuru, kaza sayısı ve yaralı sayısı değişkenleriyle bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti ile Matlab 2017a programında regresyon analizleri ve YSA analizleri yapılmıştır. Veri setinin %70'i eğitim %30'u test olarak kullanılmıştır. Ayrıca YSA analizlerinde %10 doğrulama verisi kullanılmıştır. Bu veri seti Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Veri seti tablosu

| Yıl | Nüfus | Sürücü kusuru | Yaya kusuru | Yolcu kusuru | Araç kusuru | Yol kusuru | Kaza sayısı | Yaralı sayısı |
|------|------------|---------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| 2002 | 69.302.000 | 521.227 | 12.867 | 1.254 | 1.666 | 1.332 | 439.777 | 94.225 |
| 2003 | 70.231.000 | 551.467 | 13.208 | 882 | 1.552 | 1.255 | 455.637 | 95.607 |
| 2004 | 71.152.000 | 623.578 | 13.987 | 710 | 1.415 | 1.216 | 537.352 | 109.889 |
| 2005 | 72.065.000 | 711.572 | 14.882 | 769 | 1.797 | 1.603 | 620.789 | 123.977 |
| 2006 | 72.974.000 | 834.681 | 13.789 | 739 | 841 | 1.100 | 728.755 | 135.754 |
| 2007 | 70.586.000 | 903.860 | 15.086 | 795 | 1.269 | 994 | 825.561 | 149.814 |
| 2008 | 71.517.000 | 151.386 | 13.995 | 713 | 439 | 698 | 950.120 | 145.163 |
| 2009 | 72.561.000 | 139.758 | 14.181 | 640 | 445 | 958 | 1.053.346 | 161.719 |
| 2010 | 73.723.000 | 141.728 | 14.171 | 564 | 515 | 992 | 1.106.201 | 171.475 |
| 2011 | 74.724.000 | 157.494 | 14.860 | 677 | 530 | 1.044 | 1.228.928 | 194.149 |
| 2012 | 75.627.000 | 161.076 | 17.672 | 797 | 597 | 1.124 | 1.296.634 | 221.108 |
| 2013 | 76.668.000 | 162.327 | 16.458 | 774 | 1.558 | 1.913 | 1.207.354 | 274.829 |
| 2014 | 77.696.000 | 171.236 | 18.115 | 901 | 1.122 | 1.841 | 1.199.010 | 285.059 |
| 2015 | 78.741.000 | 187.980 | 18.522 | 915 | 1.165 | 1.916 | 1.313.359 | 304.421 |
| 2016 | 79.815.000 | 190.954 | 18.612 | 869 | 997 | 1.717 | 1.182.491 | 303.812 |
| 2017 | 80.811.000 | 191.717 | 18.095 | 782 | 1.112 | 1.619 | 1.202.716 | 300.383 |

2.1. Çok Değişkenli Lineer Regresyon

Çok değişkenli lineer regresyon yöntemi ile bağımsız değişkenlerle bağımlı değişkenler arasında bir ilişki kurulmakta ve bu ilişki denklemlerle ifade edilmektedir. Bu denklemin genel formu Denklem 1'deki gibi ifade edilmektedir.

$$y(x) = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i x_i + \sum_{i,j=1}^N \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^N \beta_{ii} x_i^2 + \epsilon \quad (1)$$

Bu denklemde, x_i bağımsız değişken olan nüfus, sürücü kusuru, araç kusuru, yolcu kusuru, yaya kusuru ve yol kusuru değişkenlerini temsil etmektedir. “ y ” bağımlı değişken olan yaralı sayısı ve ölü sayısı değişkenlerini temsil etmektedir. “ β ” ise değişkenlerin regresyon katsayılarını temsil etmektedir. “ ϵ ” ise modeldeki hata miktarını temsil etmektedir.

Tablo 1'de verilen veri seti ile çok değişkenli lineer regresyon analizleri Matlab 2017a programında yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda β regresyon katsayılarının değerleri bulunarak regresyon denklemleri elde edilmiştir. Bu çalışmada çok değişkenli lineer model ve bağımsız değişkenlerin karelerinin farklı bir değişken olarak kullanılmasıyla pure quadratic model için regresyon analizleri yapılmıştır ve denklemleri oluşturulmuştur. Çok değişkenli lineer modelin bağımsız değişken sayısına uyarlanmış hali Denklem 2 'de verilmiştir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 \quad (2)$$

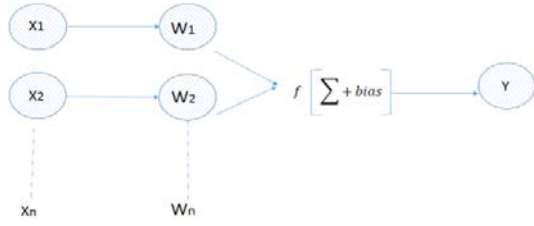
Pure quadratic modelin denklemi ise Denklem 3'te verilmiştir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_1^2 + \beta_7 x_2^2 + \beta_8 x_3^2 + \beta_9 x_4^2 + \beta_{10} x_5^2 \quad (3)$$

2.2. Yapay Sinir Ağları

Günümüzde yapay zekâ üzerine yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Yapay zekâ teknikleri kullanılarak birçok karmaşık konu çözüme kavuşturulabilmektedir. Yapay zekâ tekniklerinden biri olan YSA insanlardaki sinir hücrelerinin çalışma mekanizmalarına benzer bir şekilde çalışmaktadır. YSA matematiksel olarak ifade edilemeyen problemlerin çözümünde kullanılan bir yöntem olup kara kutu model olarak tanımlanmaktadır [9].

YSA'da sinir hücrelerinde olduğu gibi nöronlar bulunmaktadır. Bu nöronlar birleşerek bir ağ oluştururlar. YSA' da herhangi bir ön kabul yapılmamaktadır. Deneme yanılma yoluyla öğrenme işlemi gerçekleştirilmektedir. Öğrenme işlemi bağımsız değişkenlerin değerlendirilmesi ve bağımlı değişkenlerin tahmin edilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. YSA' da bir nöronun çalışma mekanizması Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. YSA Nöron Mekanizması

Şekil 1’de gösterilen nöron mekanizmasında “x” girdileri, “w” ağırlıkları, “f” transfer fonksiyonunu ve y değeri de nöronun çıktısını ifade etmektedir. Burada girdiler ağırlıklarla çarpıldıktan sonra toplamları alınmakta ve bias değerleri eklenmektedir. Bu değer transfer fonksiyonundan geçirilmektedir. Elde edilen sonuç nöronun çıktısı olmaktadır. Şekil 1’de verilen mekanizma denklem olarak yazıldığında Denklem 4 elde edilmektedir.

$$y = f\left(\sum_{i=1}^N x_i * w_i + bias_i\right) \quad (4)$$

Bu çalışmada Levenberg-Marquardt eğitim algoritması ve tanjant sigmoid (tansig) transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Tansig transfer fonksiyonu Denklem 5 ‘te verilmiştir.

$$Tansig(N) = \frac{2}{(1 + \exp(-2N))} - 1 \quad (5)$$

3. Bulgular ve Tartışma

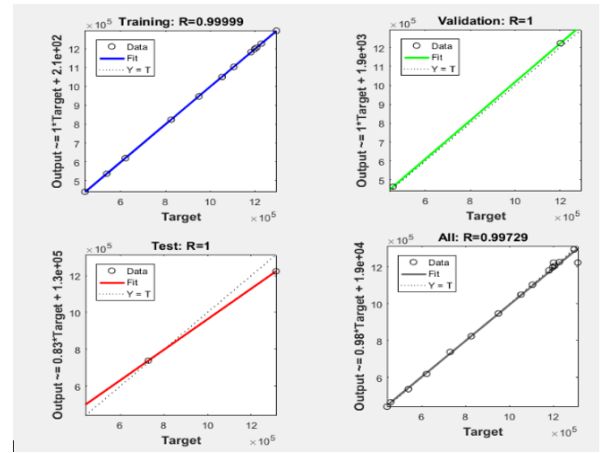
3.1. Kaza Sayısı Modeli

Nüfus, sürücü kusuru, yaya kusuru, yolcu kusuru, araç kusuru ve yol kusuru bağımsız değişkenleri kullanılarak YSA metodu ile oluşturulan kaza sayısı tahmin modelinin korelasyon ve eğitim grafiği sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3’ te sunulmuştur.

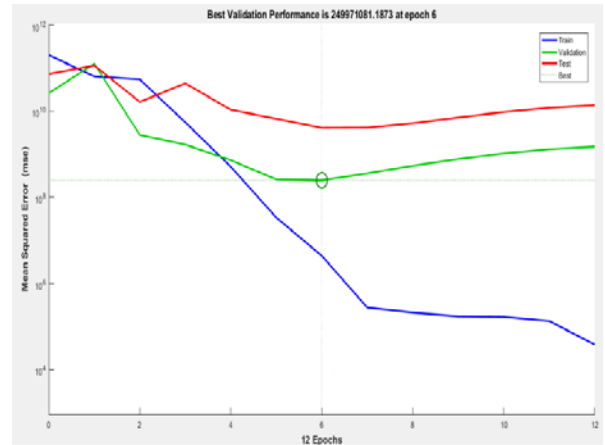
Yapılan regresyon analizleri sonucunda regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Analizler Matlab 2017a programında yapılmış ve regresyon katsayıları elde edilmiştir. Kaza sayısı için yapılan analiz sonucunda elde edilen çok değişkenli lineer modelin denklemi Denklem 6’da verilmektedir.

$$K = 8,48 * 10^2 - 0,0116 * N - 0,2635 * S + 87,9434 * Y - 312,8484 * P - 335,4765 * A + 230,0299 * L \quad (6)$$

(6)



Şekil 2. Kaza sayısı modeli R grafiği



Şekil 3. Kaza sayısı modeli eğitim süreci

Bu eşitlikte, K, N, S, Y, P, A ve L ile ifade edilenler sırasıyla kaza sayısı, nüfus, sürücü kusuru, yaya kusuru, yolcu kusuru, araç kusuru ve yol kusurudur.

Kaza sayısı için yapılan pure quadratic modelin denklemi Denklem 7’de verilmektedir.

$$K = -3,2596 * 10^7 + 0,7762 * N - 2,5261 * S + 446,7909 * Y - 202,9030 * P + 257,3238 * A + 67,8303 * L - 4,9724 * 10^{-9} * N^2 + 2,0791 * 10^{-6} * S^2 - 0,0129 * Y^2 + 0,2607 * P^2 - 0,1037 * A^2 - 0,0709 * L^2 \quad (7)$$

(7)

3.2. Yaralı Sayısı Modeli

Nüfus, sürücü kusuru, yaya kusuru, yolcu kusuru, araç kusuru ve yol kusuru bağımsız değişkenleri kullanılarak lineer regresyon metodu ve pure quadratic regresyon metodu ile oluşturulan kaza sayısı tahmin modellerinin denklemleri sırasıyla Denklem 8 ve Denklem 9’ da verilmiştir.

$$D = -7,1989 * 10^2 + 0,0090 * N - 0,0271 * S + 13,7551 * Y + 2,9269 * P - 23,6005 * A + 44,3436 * L \quad (8)$$

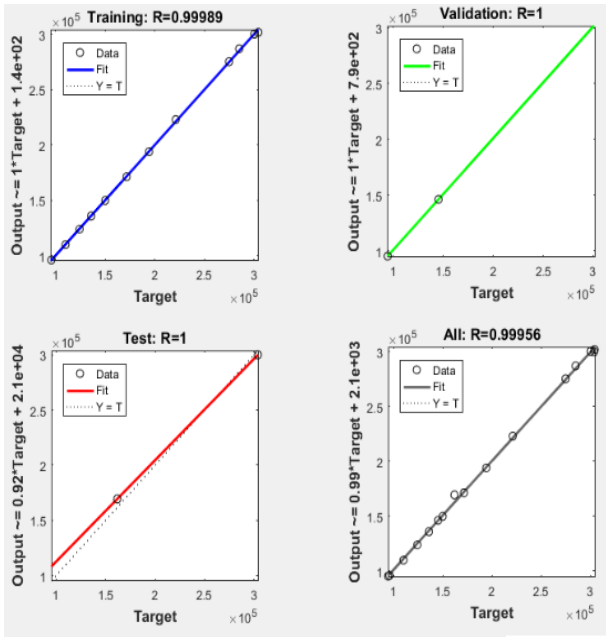
(8)

Denklemlerde D, N, S, Y, P, A ve L ile ifade edilen değişkenler sırasıyla yaralı sayısı, nüfus, sürücü kusuru, yaya kusuru, yolcu kusuru, araç kusuru ve yol kusurunu temsil etmektedir.

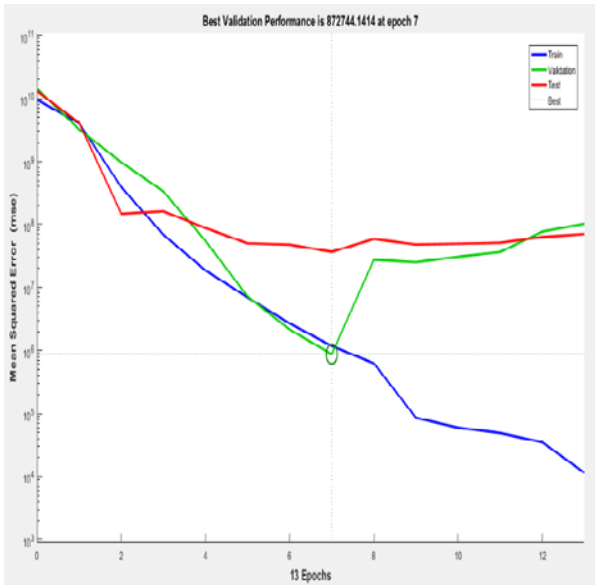
$$D = 6,6459 * 10^4 - 0,0187 * N - 0,4382 * S + 50,3086 * Y + 77,3067 * P + 142,2598 * A - 23,7045 * L + 1,8826 * 10^{-10} * N^2 + 3,6570 * 10^{-7} * S^2 - 0,0014 * Y^2 - 0,0217 * P^2 - 0,0605 * A^2 + 0,0213 * L^2$$

(9)

Yaralı sayısı için oluşturulan YSA model analizinin sonuçları Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Yaralı sayısı modeli R grafiği



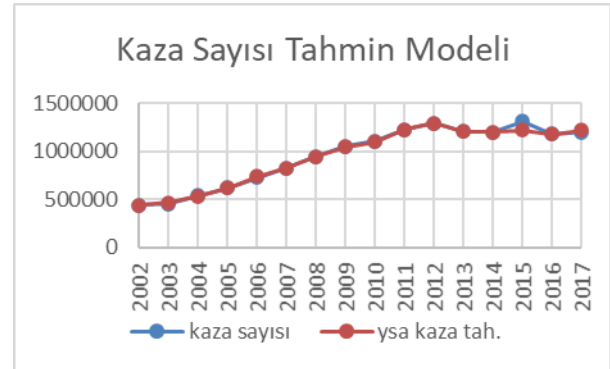
Şekil 5. Yaralı sayısı modeli eğitim süreci

Yapılan çalışmada modeller oluşturulurken veri seti içerisinde kullanılan değişkenlerin maksimum ve minimum değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Verilerin maksimum ve minimum değerleri

| Değişkenler | Maksimum Değerler | Minimum Değerler |
|---------------|-------------------|------------------|
| Nüfus | 80811000 | 69302000 |
| Sürücü Kusuru | 903860 | 139758 |
| Yaya Kusuru | 18612 | 12867 |
| Yolcu Kusuru | 1254 | 564 |
| Araç Kusuru | 1797 | 439 |
| Yol Kusuru | 1916 | 698 |

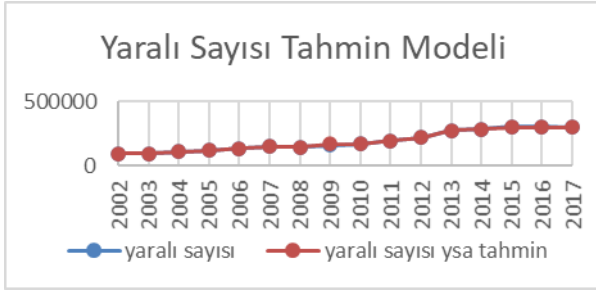
Oluşturulan YSA kaza sayısı modeli ile elde edilen kaza sayısı tahmin değerlerinin gerçek kaza sayısı ile karşılaştırılması Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Kaza sayısı tahminlerinin gerçek değerlerle kıyaslanması

Şekil 6'da görüldüğü gibi tahmin sonuçları ile kaza sayısı değerleri birbirine paralel olarak hareket etmiştir. 2015 yılına gelindiğinde YSA tahmin değerleri ile kaza sayısı değerleri arasında bir fark oluşmuştur. Oluşturulan bu YSA modelinde 2015 yılı haricindeki kaza sayısı değerleri başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir.

Oluşturulan YSA yaralı sayısı modeli ile elde edilen yaralı sayısı tahmin değerlerinin gerçek yaralı sayısı ile karşılaştırılması Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Yaralı sayısı tahminlerinin gerçek değerlerle kıyaslanması

Şekil 7’de görüldüğü gibi tahmin sonuçları ile kaza sayısı değerleri birbirine paralel olarak hareket etmiştir. Oluşturulan modeller R, HKO ve OYH kriterlerine göre karşılaştırılmıştır. Modeller sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Model karşılaştırması

| Modeller | R | HKO | OYH (%) | |
|---------------|---------------------------------|--------|---------------|-------|
| Kaza Sayısı | Çok Değişkenli Lineer Regresyon | 0.957 | 7.548.121.686 | 8.401 |
| | Pure Quadratic Regresyon | 0.993 | 1.253.248.214 | 2.337 |
| | YSA | 0.997 | 547.131.950 | 0.264 |
| Yaralı Sayısı | Çok Değişkenli Lineer Regresyon | 0.983 | 195.651.815 | 5.728 |
| | Pure Quadratic Regresyon | 0.9994 | 7.512.373 | 0.983 |
| | YSA | 0.9995 | 5.600.117 | 0.693 |

Tablo 3’te kaza sayısı ve yaralı sayısı tahmini için oluşturulan modellerin sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Bu sonuçlara göre YSA modeli, çok değişkenli lineer regresyon ve pure quadratic regresyon modellerine göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Oluşturulan modellerde YSA modelinin R değeri regresyon modellerine göre 1’e daha yakındır. Bu sonuç tahmin sonuçları ile gerçek değerlerin birlikte hareket ettiğini göstermektedir. HKO ve OYH değerleri de regresyon modellerine göre daha düşük olmuştur. Bu da YSA modelinin istatistiksel modellere göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Turhan ve ark. [2], 148 adet veri kullanarak YSA metodu ile analizler yapmıştır. Es ve ark. [3], 40 yıllık veri seti ile YSA analizleri yapmıştır.

Yapılan bu çalışmada ise 2002-2017 yılları arasında veri seti oluşturularak 16 yıllık veri seti kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veri seti literatüre göre dar olmuştur. Ancak ulaştırmada kusur türlerine göre sadece 16 yıllık veri seti oluşturulabilmiştir. Bu çalışmada kusur türlerine göre kaza analizi yapılması hedeflendiğinden veri setinin bu şekli uygun görülmüştür.

Akgüngör ve Doğan [7], YSA metoduna ek olarak genetik algoritma ve regresyon yöntemi kullanmıştır. Bir diğer çalışmada ise Smeed denklemi ve Andreassen modellerinden yararlanılmıştır [8]. Yapılan bu çalışmada ise modellerin istatistiki metotlarla da test edilmesi için regresyon yöntemlerinden lineer regresyon ve pure-quadratic regresyon yöntemleri kullanılmıştır.

4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada nüfus, sürücü kusuru, yaya kusuru, yolcu kusuru, araç kusuru ve yol kusuru bağımsız değişkenleri kullanılarak kaza sayısı ve yaralı sayısı bağımlı değişkenleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin modelleri YSA ve regresyon yöntemleri kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan kaza sayısı tahmin modelleri incelendiğinde HKO, OYH ve R değerleri dikkate alındığında en iyi sonuçları YSA modelinin verdiği görülmüştür.

Regresyon yöntemi ile oluşturulan kaza sayısı tahmin modelleri kendi içerisinde karşılaştırıldığında pure quadratic regresyon modeli, lineer regresyon modeline göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Oluşturulan yaralı sayısı tahmin modelleri incelendiğinde HKO, OYH ve R değerleri dikkate alındığında en iyi sonuçları YSA modelinin verdiği görülmüştür.

Regresyon yöntemi ile oluşturulan yaralı sayısı tahmin modelleri kendi içerisinde karşılaştırıldığında pure quadratic regresyon modeli, lineer regresyon modeline göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Kaza sayısı ve yaralı sayısı tahmin modellerinde kullanılan değişkenler incelendiğinde;

- Lineer regresyon yöntemi ile oluşturulan yaralı sayısı ve kaza sayısı tahmin modelinde en etkili değişkenler araç kusuru ve yol kusuru değişkenleridir.
- Pure quadratic regresyon yöntemi ile oluşturulan yaralı sayısı tahmin

modelinde en etkili değişkenler araç kusuru ve yolcu kusuru değişkenleridir.

- Pure quadratic regresyon yöntemi ile oluşturulan kaza sayısı tahmin modelinde en etkili değişkenler araç kusuru ve yaya kusuru değişkenleridir.
- Tüm regresyon modelleri dikkate alındığında en etkili değişkenin araç kusuru bağımsız değişkeni olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Yapılan bu çalışmada görüldü ki; nüfus, araç kusuru, yol kusuru, yolcu kusuru ve yaya kusuru değişkenleri kullanılarak kaza sayısı ve yaralı sayısı değişkenleri başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir. Ayrıca buna benzer yapılacak çalışmalarda kullanılacak bağımsız değişkenlerin araç kusuru, yol kusuru, yaya kusuru ve yolcu kusuru değişkenleri kullanılarak geliştirilebileceği öngörülmüştür. Nüfus değişkeninin kaza sayısı ve yaralı sayısı üzerinde beklendiği gibi büyük bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmanın yapılması aşamasında, veri setlerinin oluşturulması için desteklerini bizden esirgemeyen Jandarma Genel Komutanlığı'na ve Karayolları Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- [1] Cansız ÖF. Enerji politikalarının ulaştırma sistemlerinin optimizasyonu ile geliştirilmesi ve uygulamadan elde edilen getirilerin ortaya konması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye 2007.
- [2] Turhan C., Gökçen G., Kazanasmaz T. Yapay sinir ağları ile İzmir'deki çok katlı binaların toplam enerji tüketimlerinin tahmin edilmesi, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi 2013, s:134, İzmir. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ad8e2a464a8f460_ek.pdf
- [3] Es H., Kalender F., Hamzaçebi C. Yapay sinir ağları ile Türkiye net enerji talep tahmini, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 2014; 29.
- [4] Cansız ÖF., Çalışıcı M., Ünsalan K., Erginer İ. Türkiye için trafik kaza sayısı tahmin modellerinin oluşturulması, 2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, Mayıs 2017, Kocaeli.
- [5] Cansız ÖF., Çalışıcı M., Ünsalan K. Türkiye karayollarında meydana gelen kazalarda oluşan yaralı sayısı için tahmin modellerinin oluşturulması, 2. Uluslararası Mühendislik ve Tasarım Kongresi, Mayıs 2017, Kocaeli.
- [6] Cansız ÖF., Çalışıcı M., Miroęlu MM. Use of artificial neural network to estimate number of persons fatally injured in motor vehicle accidents, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Mathematics, Simulation, Modelling, Circuits, Systems and Signals, Atina, 2009.
- [7] Akgüngör AP., Doğan E. Farklı yöntemler kullanılarak geliştirilen trafik kaza tahmin modelleri ve analizi, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi 2010; 2(1): 16-22.
- [8] Akgüngör AP., Doğan E. Smeed ve Andreassan kaza modellerinin Türkiye uygulaması: Farklı senaryo analizleri, Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University 2008; 23(4): 821-827.
- [9] Cansız ÖF., Easa SM. Using artificial neural network to predict collisions on horizontal tangents of 3D two-lane highways, International Journal of Engineering and Applied Sciences 2011; 7(1): 47-56.
- [10] MATLAB. MATLAB Product Family Updates 2017.