

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Trend analizi ve yapay sinir ağları: Tarımda bir uygulaması*

Trend analysis and artificial neural networks: An application in agriculture

Şenol Çelik¹



Nilay Köleoğlu²



1 Doç. Dr., Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Türkiye, e-mail: senolcelik100@hotmail.com

2 Doç. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Türkiye, e-mail: nkoleoglu@yahoo.com

Öz

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de yıllara göre korunga üretim miktarının modelinin kurulması ve öngörü yapılmasında yapay sinir ağları (YSA) ve trend analizi kullanılarak üretim planı yapılabileceğini göstermektir.

Çalışma, 1990-2020 dönemine ait verileri kapsamaktadır. YSA ve trend analizi geliştirilmesinde girdi parametresi olarak yıllar parametresi, çıkış parametresi olarak üretim miktarı kullanılmıştır. Trend analizinde doğrusal, karesel ve kübik modeller kullanılmıştır. YSA yönteminde aktivasyon fonksiyonu olarak Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu kullanılmıştır.

Geliştirilen modelin etkinliği Hata Kareler Ortalaması (MSE) ve determinasyon katsayısı (R²) gibi istatistiksel parametreler kullanılarak belirlenmiştir. Trend analizi ve YSA karşılaştırıldığında, en küçük hata kareler ortalaması (HKO) değerini veren YSA yöntemi daha iyi sonuçlar vermiştir. YSA’na göre öngörü yapılmıştır. Sonuçlar korunga üretiminin 2025 yılında 2020 yılına oranla bir düşüşte olacağını öngörmektedir. 2020 yılında 1 934 697 ton olan korunga üretiminin 2025 yılında %3.83'lük bir düşüşle 1 860 691 ton olacağı beklenmektedir.

YSA, değişkenlerde meydana gelebilecek herhangi bir değişim karşısında ortaya çıkabilecek sonuçların tespitinin sağlanmasında ve bu yolla süreçlerin iyileştirilmesinde faydalı bir araçtır. YSA modellerinin üretim modellemesinde trend analizinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Yapay Sinir Ağı, Trend Analizi, Üretim, Korunga.

*Bu çalışma 9-11 Haziran 2021’de 3. Uluslararası Yaratıcı ve İnovatif Yaklaşımlar Kongresi (ICCIA2021)’nde sözlü olarak sunulmuştur.

Citation/Atıf: Çelik, Ş. & Köleoğlu, N. (2022). Trend analizi ve yapay sinir ağları: Tarımda bir uygulaması. *Journal of Awareness*. 7(1): 39-46, DOI: 10.26809/joa.71.03

Corresponding Author/ Sorumlu Yazar:
Şenol Çelik
E-mail: senolcelik100@hotmail.com



Bu çalışma, Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Abstract

The aim of this study is to show that production planning may be performed using artificial neural networks (ANN) and trend analysis in the establishment of sainfoin production amount model and in forecasting in Turkey by years.

The study covers data for the period 1990-2020. In the development of ANN and trend analysis, parameter of years was used as an input parameter and production amount was used as an output parameter. Linear, quadratic and cubic models are used in trend analysis. In the ANN method, the Hyperbolic Tangent Function is used as the activation function.

The efficiency of the model developed was determined using statistical parameters such as Mean Squared Error (MSE) and determination coefficient (R²). Comparing trend analysis and ANN, ANN method with lower mean square error (MSE) value gave better results. Prediction has been made according to ANN. The results foresee that sainfoin production will be in a decline in 2025 over the year 2020. The sainfoin production, which was 1 934 697 tons in 2020, is expected to be 1 860 691 tons with a decrease of 3.83% in 2025.

ANN is a useful tool in terms of determining the results found in case of any changes that may occur in variables and in terms of improving the processes accordingly. It has been noted that ANN models yield better results than trend analysis in production modelling.

Keywords: Artificial Neural Network, Trend Analysis, Production, Sainfoin.

1. GİRİŞ

Trend analizi yöntemi son zamanlarda öngörü oluşturmada önemli bir yer edinmiştir. Basit doğrusal regresyon modelinden tek farkı bağımsız değişkenin zamandan ibaret olmasıdır.

Yapay Sinir Ağları (YSA), 1980'li yılların itibaren zaman serilerine ait tahminler için kullanılmakta olan tekniklerden biridir. YSA öngörüleme tekniği günümüzde birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. YSA yöntemi veriden öğrenilebilir, genelleme yapabilir, sınırsız sayıda değişkenle çalışabilir gibi birçok önemli özelliğe sahiptir. Bu özellikleri ile çok önemli avantajlar gerçekleştiren YSA yöntemi hem öngörü modellemesinde hem de diğer alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. YSA, girdi ve çıktı değişkenleri arasında herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymadan doğrusal ve doğrusal olmayan modellemeyi yapabilmektedir. YSA'nın bir öngörüleme aracı olarak kullanılmasına ait çok sayıda araştırmacı tarafından yapılmış çalışmalar vardır. Ancak YSA'nın performansını etkileyen önemli faktörlerin neler olduğu konusunda kesin bir yargı yoktur. Sözü edilen faktörlerin yanı sıra, eğitim algoritması, veri kümesinin düzenlenmesi, kestirim dönemi uzunluğu faktörlerinin de YSA performansını etkilediği düşünül-

mektedir (Ataseven, 2013).

Trend analizi ve YSA yöntemi ile çeşitli alanlarda yapılmış çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Çelik (2020), hayvan pancarı üretim miktarının modellenmesi ve öngörüsü için trend analizi ve yapay sinir ağlarını kullanmıştır. Bir diğer çalışmada, turist sayılarını tahmin etmek için zaman serileri, trend analizi ve yapay sinir ağları kullanılmış, yapay sinir ağlarının daha iyi sonuçlar vererek 2009 yılı aylara göre turist sayısı öngörüsü yapılmıştır (Çuhadar ve diğ., 2009). Yıldırım (2019), nehir akışını, Yalçınöz ve diğ. (2002), Niğde bölgesinin elektrik yük tahminini trend analizi ve yapay sinir ağları ile tahmin etmiştir. Yapay sinir ağları uygulamalarında döviz kuru değerleri tahmini (Kaynar ve Taştan, 2009), bazı temel gıda fiyatları tahmini (Ertuğrul ve Bekin, 2016), işsizlik oranı öngörüsü (Karaali ve Ülengin, 2008), hisse senetlerinin kapanış fiyatları tahmini (Yiğiter ve Sarı, 2017) gibi çok sayıda çalışmalar olmuştur.

Bu çalışmada, yem bitkileri içinde önemli yeri bulunan korunga bitkisinin üretim miktarının trend analizi ve yapay sinir ağları yöntemi ile karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve geleceğe yönelik öngörüsünün tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmanın materyalini Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nin www.tuik.gov.tr web adresinden alınan yem bitkileri üretimi başlığı altında korunga üretim miktarı değerleri oluşturmuştur. Çalışmada 1990-2020 yılları arası veriler kullanılmış, bu verilere trend analizi (lineer, kuadratik ve kübik modeller) ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemi uygulanmıştır. Uygun modeller belirlendikten sonra 2021-2025 yılları arası korunga üretimi öngörüsü yapılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Trend Analizi

En Küçük Kareler (EKK) Yöntemi

Zaman ve gözlem değerleri arasındaki fonksiyonel ilişki doğrusal veya doğrusal olmayan şekilde olabilir. Elde edilen fonksiyona ait doğru veya zaman serisi grafiğine uygun olması gerekir. Ayrıca,

Y_t : Gözlem değerleri, \hat{Y}_t : Trend değerleri (teorik değerler) olmak üzere,

$$\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 = \min \quad (1)$$

şartını sağlaması gerekir. EKK yönteminin uygulanması için, öncelikle zaman serisi grafiğinin çizilmesi gerekir. Bu grafiğin gelişme yönüne en uygun fonksiyon tipi seçilir (Serper, 2004). EKK yönteminde kullanılan bazı trend modelleri lineer, kuadratik ve kübik modellerdir.

Lineer regression model,

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

şekindedir (Gujarati, 2003; Kadılar, 20009). Doğrusal regresyon modeline ait normal denklemler

$$\sum_{t=1}^n Y_t = n b_0 + b_1 \sum_{t=1}^n X_t \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^n X_t Y_t = b_0 \sum_{t=1}^n X_t + b_1 \sum_{t=1}^n X_t^2$$

şeklinde olup bu denklem sisteminin çözülmesiyle b_0 ve b_1 parametreleri tahmin edilir (Gammam ve Altunkaynak, 2015).

Kuadratik regresyon modeli,

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 X_i^2 + \varepsilon_i \quad (4)$$

şekindedir (Akkaya, 1990).

Kübik regresyon modeli,

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 X_i^2 + b_3 X_i^3 + \varepsilon_i \quad (5)$$

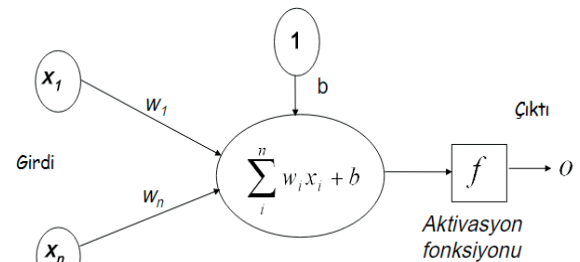
şekindedir (Montgomery et al., 2012).

Yapay sinir ağları (YSA)

YSA, insan beyninin çalışma prensiplerinden esinlenilerek geliştirilmiş esnek bir matematiksel modeldir (Wang ve diğ., 2010).

YSA, tecrübe ya da gözlemlerle hakkında çıkarım yapılabilecek tanımlaması ve hakkında bilgi edinilmesi zor olan her türlü veriye iyi uyum sağlayabilmesi bakımından birçok geleneksel metottan üstündür (Zhang ve diğ., 1998).

Yapay sinir ağının yapısı, nöron, bağlantılar ve öğrenme algoritması olmak üzere üç bileşene sahiptir. Nöron, bir yapay sinir ağının temel işlem elemanıdır. Nöronlar, probleme etki eden faktörlere göre bir veya birden fazla girdi alırlar ve problemde beklenen sonuç sayısı kadar çıktı verirler. Katmanlar, genel bir yapay sinir ağı sisteminde nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmelerinden oluşur (Yıldız, 2001). Nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri Şekil 1'de verilen yapay sinir ağını oluşturmaktadır (Kurt ve diğ., 2017).



Şekil 1. Yapay sinir hücrelerinden oluşan yapay sinir ağları

Bir yapay sinir ağında, üç katman bulunmaktadır. Bu katmanlar; girdi katmanı (input layer), çıktı katmanı (output layer) ve gizli katmanı (hidden layer) dir. İlk katman girdi katmanıdır ve dışarıdan gelen verilerin yapay sinir ağına alınmasını sağlar. Girdi katmanı probleme etki eden parametrelerden meydana gelir. Girdi katmanındaki nöron sayısı parametre sayısına göre biçimlenmektedir. Son katman çıktı katmanıdır ve bilgilerin dışarıya iletilmesini sağlar. Modele ait diğer katmanlar ise girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında olup, gizli katman olarak isimlendirilir. Gizli katmana ait nöronların dış ortamla bağlantıları yoktur ve sadece girdi katmanından gelen sinyalleri alırlar ve çıktı katmanına sinyal gönderirler (Benli, 2002). Ayrıca toplama fonksiyonu ve aktivasyon fonksiyonu da yapay sinir ağlarının diğer önemli öğeleridir (Öztemel, 2012).

Toplama fonksiyonu: Toplama fonksiyonu hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bu fonksiyon için farklı fonksiyonlar kullanılır. Ağırlıklı toplam fonksiyonu en sık kullanılan fonksiyondur ve Eşitlik (6)'da ifade edilmiştir.

$$NET = \sum_i^N G_i A_i \quad (6)$$

Burada G girdiler, A ağırlıklar, N ise girdi (proses elemanı) sayıdır.

Aktivasyon fonksiyonu: Bu fonksiyon girdi ve çıktı arasındaki doğrusal olmayan eşleştiren fonksiyondur. En yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biri hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonudur. Bu fonksiyon,

$$F(NET) = \frac{(e^{NET} - e^{-NET})}{(e^{NET} + e^{-NET})} \quad (7)$$

şeklinde hesaplanır (Öztemel, 2012; Alp ve Öz, 2019)

Ölçeklendirme işlemi

Bazı araştırmacılar aşağıdaki formülü kullanarak değişkenlere ait değerleri belirli bir aralık içinde çekmektedirler.

$$X' = \frac{X_i - X_{max}}{X_{max} - X_{min}} \quad (8)$$

Burada X girdi değerini, X' girdi değerinin ölçeklendirilmiş şeklini, Xmin girdi setindeki en küçük değeri, Xmax ise girdi setindeki en büyük değeri gösterir. Çıktı değerlerinin ölçeklendirilmesi ise

$$X = X' * (X_{max} - X_{min}) + X_{min} \quad (9)$$

şeklinde (Öztemel, 2012). Bu işleme normalize işlemi de denir. X' değeri 0 ile 1 aralığında değerler almaktadır.

Performans ölçütü

YSA model performansı genellikle Hata Kareler Ortalaması (MSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) ile tespit edilir. MSE aşağıdaki gibi hesaplanır (Singh ve diğ., 2009).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \quad (10)$$

MAE ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |\varepsilon_i|}{n} \quad (11)$$

Burada Y_i : Bağımlı değişkenin gözlenen değerleri, \hat{Y}_i : Bağımlı değişkenin tahmini değerleri, n ise gözlem sayısıdır.

3. BULGULAR

3.1. Trend Analizi

Türkiye'de 1990-2020 yılları arası korunga üretim miktarına ait trend analizi incelenmiştir. Lineer, kuadratik ve kübik regresyon analizi uygulanmıştır. En uygun modeli belirlemek için en büyük belirleme katsayısı (R^2) değerine sahip olan model değerlendirilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Modellere ait denklem, R² ve MSE değerleri

| Model | Equation | R ² | MSE |
|-----------|--|----------------|------------------|
| Linear | $Y_t = -3.3231E+05 + 68095*t$ | 0.827 | 183269268771.218 |
| Quadratic | $Y_t = 3.9149E+05 - 63505*t + 4112.5*t^{**2}$ | 0.918 | 94244410872.023 |
| Cubic | $Y_t = 6.8102E+05 - 1.6417E+05*t + 11854*t^{**2} - 161.28*t^{**3}$ | 0.926 | 88406403856.556 |

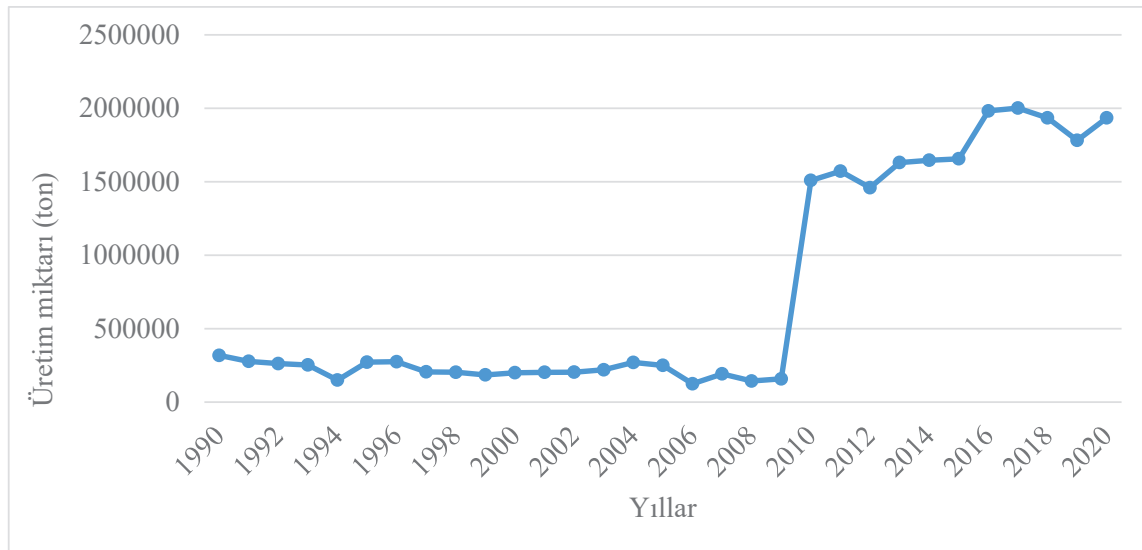
Tablo 1’de trend analizi yöntemlerinden kübik regresyon analizinin R² değeri daha büyük olduğundan diğerlerinden daha uygun görünmektedir. Üretim tahminini daha iyi modellemek için YSA yöntemi de kullanılmıştır. YSA giriş, gizli ve çıkıl tabakalarının sayıları sırasıyla 1-12-1 olarak belirlenmiş olup, geri yayılma öğrenimi (Back Propagation Learning) ile 1000 iterasyonlu olarak uygulanmıştır. YSA için MSE=62396657951.814 ve MA=119746.037 olarak bulunmuştur. YSA yöntemi için MSE değeri trend analizi yöntemlerinden daha küçük olduğundan YSA, kullanılması gereken en uygun yöntemdir.

Türkiye’de korunga üretimine ait 1990-2020 yılları arası değerlerinin grafiği Şekil 2’de sunulmuştur.

Şekil 2 incelendiğinde 1990-2009 döneminde korunga üretiminde normal artış seyri görülürken, 2010 yılından ani bir artış olmuş ve bu ani artış 2020 yılına kadar devam etmiştir. YSA uygulandığında tahmin edilen ve gözlenen değerlerle birlikte artık değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Gözlenen, tahmini ve artık değerler (residual)

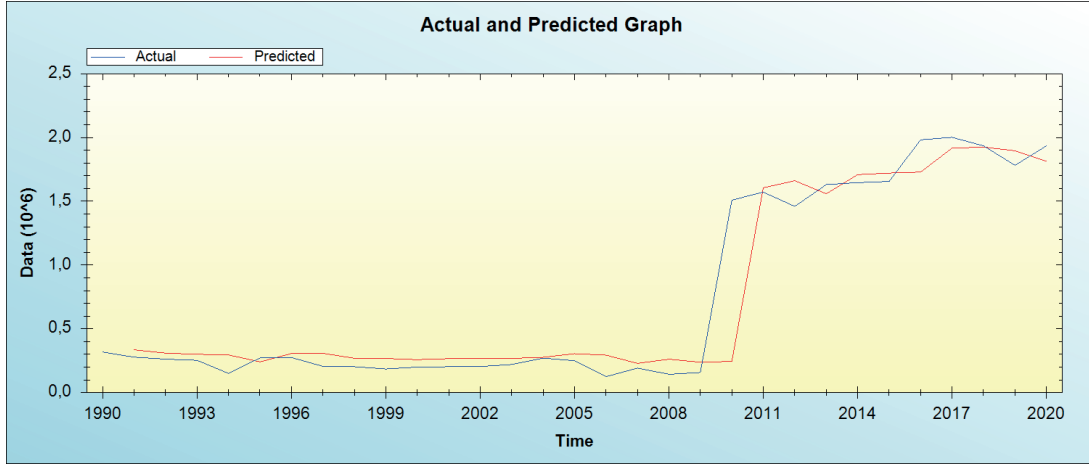
| Yıllar | Gözlenen | Tahmini değer | Artık değer |
|--------|--------------|---------------|--------------|
| 2000 | 200000.0000 | 258142.3423 | -58142.3423 |
| 2001 | 203000.0000 | 265917.1166 | -62917.1166 |
| 2002 | 204000.0000 | 267498.6447 | -63498.6447 |
| 2003 | 220000.0000 | 268027.8038 | -48027.8038 |
| 2004 | 270000.0000 | 276630.2237 | -6630.2237 |
| 2005 | 250000.0000 | 305201.8829 | -55201.8829 |
| 2006 | 124843.0000 | 293461.1609 | -168618.1609 |
| 2007 | 191991.0000 | 229117.1013 | -37126.1013 |
| 2008 | 143367.0000 | 261738.4715 | -118371.4715 |
| 2009 | 158029.0000 | 237695.8936 | -79666.8936 |
| 2010 | 1508930.0000 | 244709.8948 | 1264220.1052 |
| 2011 | 1571606.0000 | 1605811.8750 | -34205.8750 |
| 2012 | 1459570.0000 | 1661257.3461 | -201687.3461 |
| 2013 | 1630572.0000 | 1558994.5366 | 71577.4634 |
| 2014 | 1646256.0000 | 1709270.3362 | -63014.3362 |
| 2015 | 1655985.0000 | 1721363.8622 | -65378.8622 |
| 2016 | 1982047.0000 | 1728723.4791 | 253323.5209 |
| 2017 | 2001379.0000 | 1916894.4949 | 84484.5051 |
| 2018 | 1934847.0000 | 1924868.9017 | 9978.0983 |
| 2019 | 1781789.0000 | 1896091.0565 | -114302.0565 |
| 2020 | 1934697.0000 | 1814305.4495 | 120391.5505 |

**Şekil 2.** 1990-2020 yılları arası Türkiye’de korunga üretimi

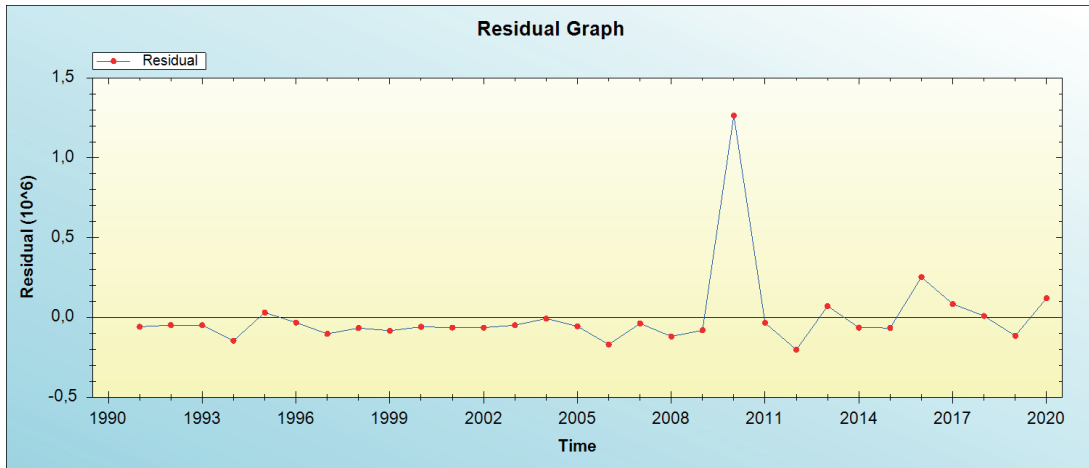
YSA uygulaması sonucu gerçek ve tahmini değerlerin grafiği Şekil 3'te, artık değerlerin grafiği Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 5'te gözlenen ve artık değerlerin birlikte

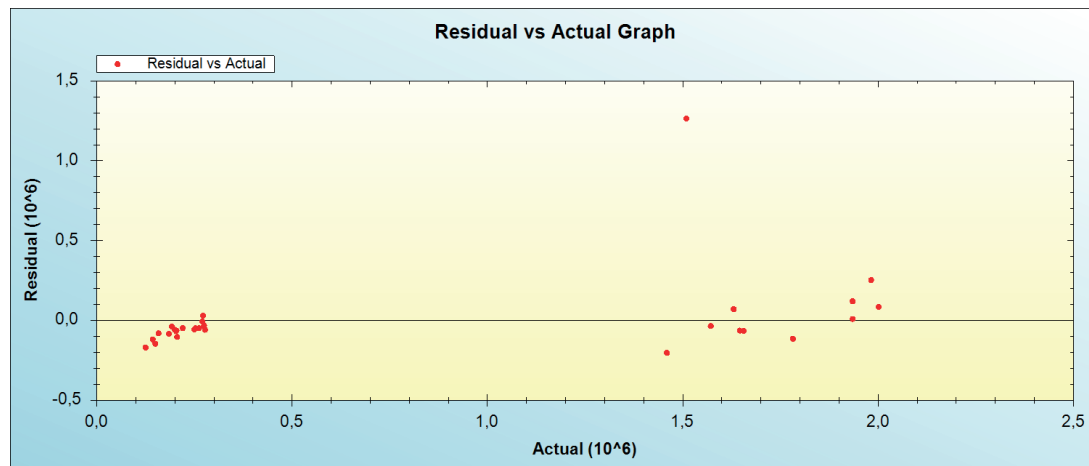
grafiği gözlenmiş, artık ve gözlenen değerlerin birbirinden bağımsız ve rastgele dağıldığı görülmüştür. Bu durum modele ait önemli hipotezlerin sağlandığını göstermektedir.



Şekil 3. Gözlenen ve tahmin edilen değerlerin birlikte grafiği



Şekil 4. Artıkların grafiği



Şekil 5. Gözlenen ve artık değerlerin grafiği

2021-2025 dönemi için korunga üretimi öngörüsü Tablo 3'te ve Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 3. Gelecek yıllar için üretim tahmini

| Yıllar | Öngörü |
|--------|-----------|
| 2021 | 1 896 022 |
| 2022 | 1 877 491 |
| 2023 | 1 868 117 |
| 2024 | 1 863 251 |
| 2025 | 1 860 691 |

Tablo 6'de verilen öngörü sonuçlarına göre, korunga üretim miktarının azalma eğiliminde olacağı beklenmektedir.

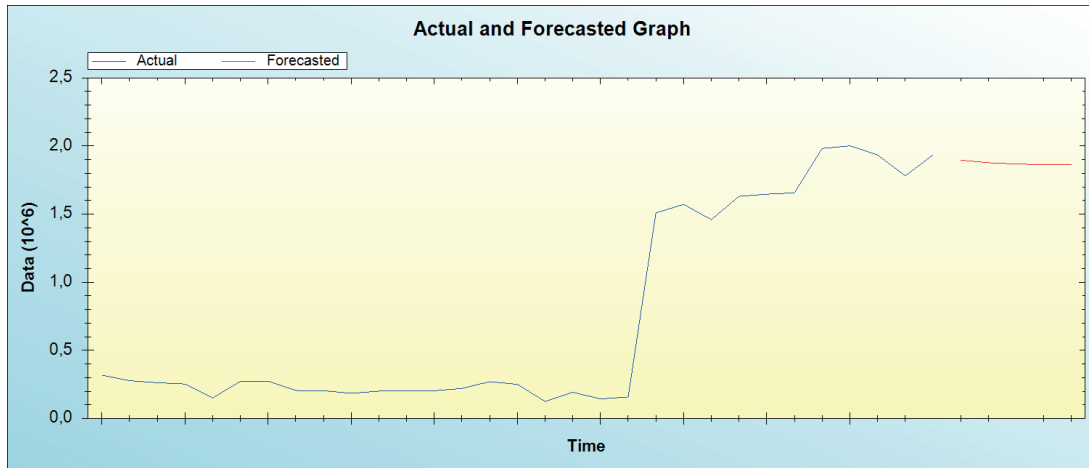
4. SONUÇ

Bu çalışmada yapay sinir ağları ve trend analizi ile Türkiye'de korunga üretimi tahmin edilmiştir. Girdi değişkeni olarak yıllar (1990-2020) olup, 1 tane bağımsız değişken (yıllar), çıktı değişkeni ise üretim miktarı değişkenidir. Sonraki aşamada ağı eğitimi, test ve doğrulama işlemleri yapılmış ve tahmin yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, uygulanan YSA yönteminin trend analizi yöntemlerinden daha iyi tahminler verdiğini ortaya koymuştur. Eğitim, test ve doğrulama aşamalarındaki düşük MSE ve MAE değerleri de bunu göstermektedir.

Korunga üretim miktarı öngörüsüne bakıldığında ise 2020 yılında 1 934 697 ton olan bu rakamın %3.83 azalarak 2025 yılında 1 860 691 ton olacağı öngörülmüştür. 2021-2025 döneminde ise üretimin miktarının yavaş yavaş azalacağı tahmin edilmektedir. Bu durum Türkiye'de yem bitkileri içinde önemli bir yere sahip olan hayvan beslenmesi açısından da son derece gerekli olan bu bitkinin üretiminin azalması istenmeyen durumdur. Üreticilerin bu hususu dikkate alarak tedbirli olmaları ve üretimi arttırıcı çalışmalar yapmalıdır.

Genel olarak trend analizi ile karşılaştırıldığında, yapay sinir ağlarının kullanılan verileri tahmin etmede daha uygun olduğu görülmüştür. İleriye yönelik tahmin çalışmalarında yapay sinir ağları ve alternatif teknikleri karşılaştırılarak ziraat alanında iyi sonuçlar vereceği umulmaktadır.



Şekil 6. Yıllara göre gözlenen değerler ve gelecek dönem öngörüsü

KAYNAKÇA

AKKAYA, Ş. (1990). Ekonometri I. Anadolu Matbaacılık, İzmir.

ALP, S., & ÖZ, E. (2019). Makine Öğrenmesinde Sınıflandırma Yöntemleri ve R Uygulamaları. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

ATASEVEN, B. (2013). Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi. *Öneri*, 10(39):101-115.

BENLİ, Y. 2002. Finansal Başarısızlığın Tahmininde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve İMKB'de Bir Uygulama. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 4(4): 17-30.

ÇELİK, Ş. (2020). Estimation Modelling of The Amount of Fodder Beet Production in Turkey Comparative Analysis of Artificial Neural Networks and Trend Analysis Methods. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS)*, 6(7): 3372-3375.

ÇUHADAR, M., GÜNGÖR, İ., & GÖKSU, A. (2009). Turizm talebinin yapay sinir ağları ile tahmini ve zaman serisi yöntemleri ile karşılaştırmalı analizi: Antalya iline yönelik bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1): 99-114

ERTUĞRUL, İ., & BEKİN, A. (2016). Türkiye'de bazı temel gıda fiyatları için Yapay Sinir

Ağlar ve Zaman Serisi tahmin modellerinin karşılaştırmalı analizi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 7(13): 253-280.

GAMGAM, H., & ALTUNKAYNAK, B. (2015). SPSS Uygulamalı Regresyon Analizi.

Seçkin Yayıncılık, Ankara.

GUJARATİ, D. N. (2003). Basic Econometrics. McGraw-Hill, North America.

KADILAR, C. (2009). SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş. Bizim Büro Yayınevi, Ankara.

KARAALİ, F. Ç., & ÜLENGİN, F. (2008). Yapay Sinir Ağları ve bilişsel haritalar kullanılarak işsizlik oranı öngörü çalışması. *İTÜ Dergisi/Seri D Mühendislik*, 7(3): 15-26.

KAYNAR, O., & TAŞTAN, S. (2009). Zaman serisi analizinde MLP Yapay Sinir Ağları ve ARIMA modelinin karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33: 161-172.

KURT, R., KARAYILMAZLAR, S., İMREN, E., & ÇABUK, Y. (2017). Yapay Sinir Ağları İle Öngörü Modellemesi: Türkiye Kâğıt-Karton Sanayi Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2): 99-106.

MONTGOMERY, D. C., PECK, E. A., & VİNİNG, G.

G. (2012). Introduction to Linear Regression Analysis. John Wiley and Sons, Inc., USA.

ÖZTEMEL, E. (2012). Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul.

SERPER, Ö. (2004). Uygulamalı İstatistik 2. Ezgi Kitabevi, Bursa.

SİNGH, K. P., BASANT, A., MALİK, A., & JAİN, G. (2009). Artificial neural network modeling of the river water quality-A case study. *Ecological Modelling*, 220(6): 888-895.

WANG, S., DONG, X., & RENJIN SUN, R. (2010). Predicting saturates of sour vacuum gas oil using artificial neural networks and genetic algorithms. *Expert Systems with Applications*, 37: 4768-4771.

YALÇINÖZ, T., HERDEM, S., & EMİNOĞLU, U. (2002). Yapay Sinir Ağları ile Niğde Bölgesinin elektrik yük tahmini. ELECO'2002 Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı, sayfa 25-29, Bursa, 18-22 Aralık 2002.

YILDIRAN, A. (2019). Nehir akışının Yapay Zeka ve Trend Analizi metotları ile tahmini. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, Bilecik.

YILDIZ, B. (2001). Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve Halka Açık Şirketlerde Ampirik Bir Uygulama. *İMKB Dergisi*, 17: 51-67.

YİĞİTER, Ş. Y., & SARI, S. S. (2017). Hisse senedi kapanış fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık çıkarım sistemleri ile tahmin edilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1): 1-22.

ZHANG, G., PATUWO, B. E., & HU, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International Journal of Forecasting*, 14: 35-62