


Modeling and Forecasting Eggplant Production Quantity in Türkiye with Artificial Neural Networks

Şenol ÇELİK¹

¹Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bingöl, Türkiye

¹ <https://orcid.org/0000-0001-5894-8986>

¹senolcelik@bingol.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.09.2025 Düzeltme Geliş Tarihi: 21.09.2025 Kabul Tarihi: 23.09.2025

ABSTRACT

This study aimed to investigate eggplant production in Turkey using artificial neural networks. In this context, artificial neural networks (ANN) were applied to the dataset consisting of 64 the number of observations covering the period 1961-2024 using the hyperbolic tangent activation function. Here, years were treated as the independent variable, and eggplant production amount as the dependent variable. The ANN model was a network architecture with a single hidden layer, six processing elements (1-6-1), and the Levenberg–Marquardt backpropagation algorithm (trainlm) was used as the learning algorithm. Model performance was measured using Mean Square Error (MSE) and Mean Absolute Error (MAE). According to the results, the optimal MSE (1 196 450 266.58) and MAE (26 977.843) values were achieved. Forecasts made with the hyperbolic tangent function indicate an increasing trend in eggplant production during the 2025-2030 period. The average annual increase for this period is expected to be between 2600-3000 tons. These results demonstrate that artificial neural networks provide good results in modeling and forecasting crop production amounts.

Key words: Artificial neural networks, forecasting, eggplant, production

Türkiye’de Patlıcan Üretim Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi ve İleriye Yönelik Öngörü

ÖZ

Bu çalışmada, yapay sinir ağları ile Türkiye’de patlıcan üretiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu 1961-2024 dönemimi kapsayan 64 tane gözlem sayısından oluşan veri setine yapay sinir ağları (YSA) uygulandı. Burada yıllar bağımsız değişken, patlıcan üretim miktarı ise bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. YSA modeli tek gizli katmanlı, 6 işlem elemanlı (1-6-1) ve öğrenme algoritması olarak Levenberg–Marquardt geri yayılım algoritması (trainlm) olarak kullanılan bir ağ mimarisi şeklinde olmuştur. Model performansı Hata Kareler Ortalaması (MSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) kriterleri ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, en uygun MSE (1 196 450 266,58) ve MAE (26 977,843) değerlerine ulaşılmıştır. Hiperbolik tanjant fonksiyonu ile yapılan tahminler ile patlıcan üretiminin 2025–2030 döneminde artan bir eğilim beklenmektedir. Bu döneme ait ortalama yıllık artış 2600-3000 ton arasında olacağı umulmaktadır. Bu sonuçlar, yapay sinir ağları yönteminin bitkisel üretim miktarının modellenmesi ve öngörüsünde iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Yapay sinir ağları, öngörü, patlıcan, üretim

GİRİŞ

Anavatanı Hindistan olan patlıcan, Solanaceae familyasının, Solanum cinsinden olup yenilebilir patlıcan türü botanik olarak Solanum melongena L. olarak isimlendirilmektedir. Sıcaklığı seven patlıcan bitkisi 15-35°C arasındaki sıcaklıklarda ticari üretimlerde 6 aylık bir vejetasyon süresinde yetiştirilmektedir (Alas ve ark., 2022). Türkiye, farklı iklimlere sahip bir ülkedir. Bu nedenle, Anadolu'da uzun yıllar yaşayan insanlar tarafından geliştirilen, Türkiye'nin patlıcan yetiştiriciliğinde ikinci önemli çeşitlilik bölgesi olmasına yardımcı olan yerel patlıcan çeşitlerinin oluşmasına katkı sağlamıştır. Patlıcanlar, bazı araştırmacılar tarafından erken olmaları, çevresel koşullar, kökenleri, şekilleri, rengi ve diğer özellikleri dikkate alarak sınıflandırılmıştır (Günay, 1992). 1925-1926 yılları arasında Türkiye'de patlıcan örnekleri toplamış olan Zhukovsky, bu örneklerden yola çıkarak Anadolu topraklarında beş farklı patlıcan çeşidini belirlemiştir (Galenbus, 1951). Patlıcan (Solanum melongena L.) Türkiye'de başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere Ege, Marmara, Karadeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri'nde ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılan önemli kültür bitkilerdendir (Altınok ve ark., 2012). FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) 2023 yılı verilerine göre Türkiye, 817 591 tonluk üretimle Çin, Hindistan ve Mısır'dan sonra dünyada dördüncü sıradadır (FAO, 2023). Tablo 1'de en fazla patlıcan üretimi yapılan ilk 10 ülke ve üretim miktarları verilmiştir.

Tablo 1. Patlıcan üretimi (FAO, 2023)

| Sıra | Ülke | Üretim miktarı (ton) |
|------|-----------|----------------------|
| 1 | Çin | 39 244 168 |
| 2 | Hindistan | 12 792 000 |
| 3 | Mısır | 1 859 439 |
| 4 | Türkiye | 817 591 |
| 5 | Endonezya | 699 896 |
| 6 | Bangladeş | 681 196 |
| 7 | İran | 596 545 |
| 8 | İtalya | 317 980 |
| 9 | Japonya | 282 455 |
| 10 | İspanya | 260 410 |

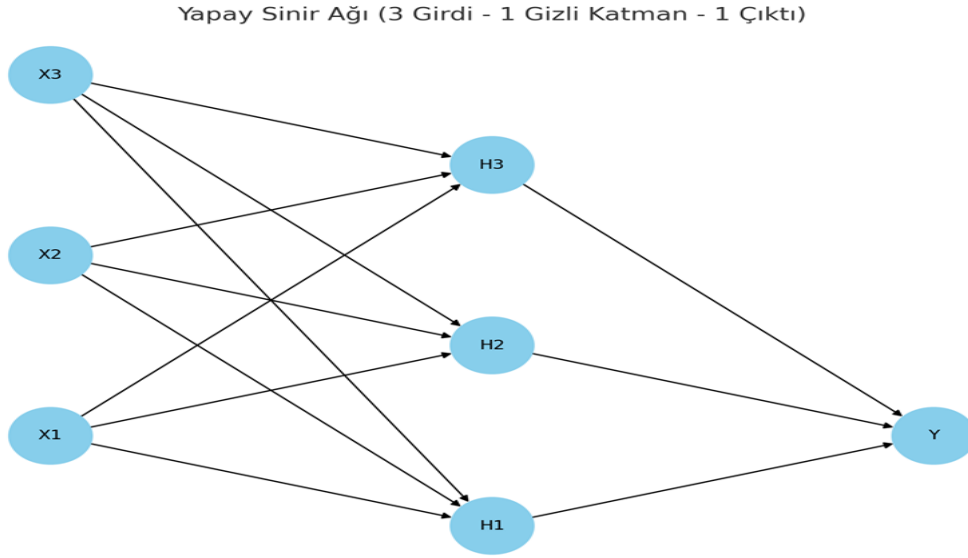
Patlıcanın insan beslenmesindeki yeri diğer sebze türlerine göre, küçümsenmeyecek kadar önemlidir. 100 gram patlıcanda 24 kalori, 1,1 g protein, 2 g yağ ve 5,5 g karbonhidrat vardır. Vitamin içeriği bakımından ise; 100 gramında 30 IU A vitamini, 0,4 mg B1 vitamini, 0,5 mg B2 vitamini ve 5 mg C vitamini bulunmaktadır (Anonim, 2025). Patlıcan, Hindistan'ın doğusunda yetişen bir sebze olup, tropik bölgelerde çok yıllık olarak yetişir. Ancak bu kuşağın dışındaki iklimlerde tek yıllık olarak yetiştirilir. Sıcak iklimlerde yetişen, kazık köklü bir bitkidir. Bu sebze, Afrika'ya yayılmış ve 16. yüzyılda İspanyollar tarafından Avrupa'ya getirilmiştir (Anonim, 2004).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de yetiştirilen patlıcanın üretim miktarının yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi ve ileriye yönelik öngörü yapılmasıdır.

MATERYAL VE METOT

Araştırmanın materyalini 1961-2024 yılları arası (64 yıl) Türkiye’de patlıcan üretim miktarı (ton) oluşturmaktadır. Araştırmada kullanılan veriler yıllık olarak Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’in www.tuik.gov.tr ve <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> web sitesinden alınmıştır. Girdi değişkenleri yıllar, çıktı değişkenleri ise patlıcan üretim miktarıdır. Verilerin istatistik analizi Zaitun Time Series (Fathony ve ark., 2012) paket programı ile yapılmıştır. Gözlenen, tahmin edilen ve öngörü değerlerin birlikte grafiği ise R sürüm 4.4.2 (2024-10-31 ucrt) R Core Team (2024) ile gerçekleştirilmiştir.

Yapay Sinir Ağları (YSA) yapay zekâ yöntemlerinden birisidir. Yapay sinir ağı, insan beynindeki biyolojik nöronların mimarisinden esinlenmiştir. İlk yapay sinir ağı modellemesi 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. Basit biyolojik sinir sistemlerinin nasıl çalıştığını taklit ederek yapılan matematiksel modellerdir (Eğrioğlu ve ark., 2019). YSA girdi, gizli ve çıktı olmak üzere üç ana tabakadan oluşur. Her bir tabaka ise nöronlardan oluşmaktadır. Nöronların birbirleri ile bağlantıları ağı oluşturmaktadır (Kara, 2024). Girdi, gizli ve çıktı katmanlardan oluşan YSA diyagramı oluşturulabilir (Haykin, 1999; Rumelhart ve ark., 1986). R kodunun ürettiği 3 girdi, 1 gizli katman (3 nöron) ve 1 çıktı yapay sinir ağı diyagramının benzetilmiş hali Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Yapay sinir ağı bağlantıları ve şeması

YSA'nın çalışma mekanizmasının temelinde nöron adı verilen unsurlar, katmanlar arasında çok yönlü bağlantı kurulmakta ve bu bağlantının gücüne göre ağırlıklandırma yapılır. Kendi aktivasyon fonksiyonuna sahip her bir nöron eğitime ve teste tabi tutularak en uygun ağırlık değerini alması gerçekleştirilir (Abbasi, 2009). YSA'da kullanılan aktivasyon fonksiyonu girdi ve çıktı arasındaki doğrusal olmayan eşleştiren fonksiyondur. En yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biri Hiperbolik tanjant fonksiyonudur ve aşağıdaki formül ile hesaplanır (Öztemel, 2012; Alp ve Öz, 2019).

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

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

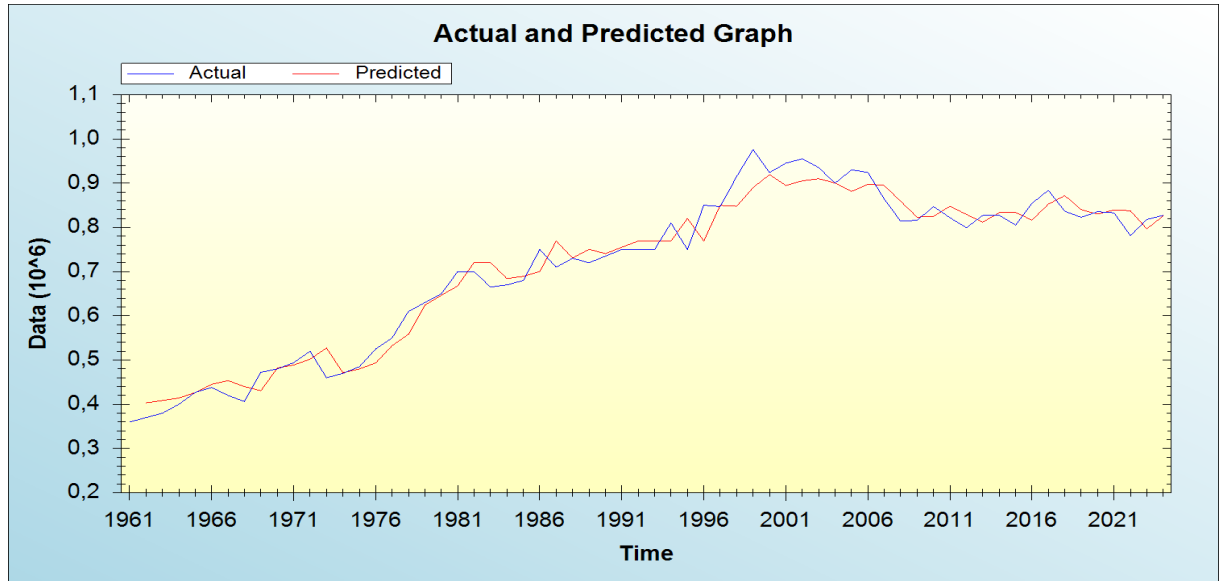
$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} \quad (3)$$

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

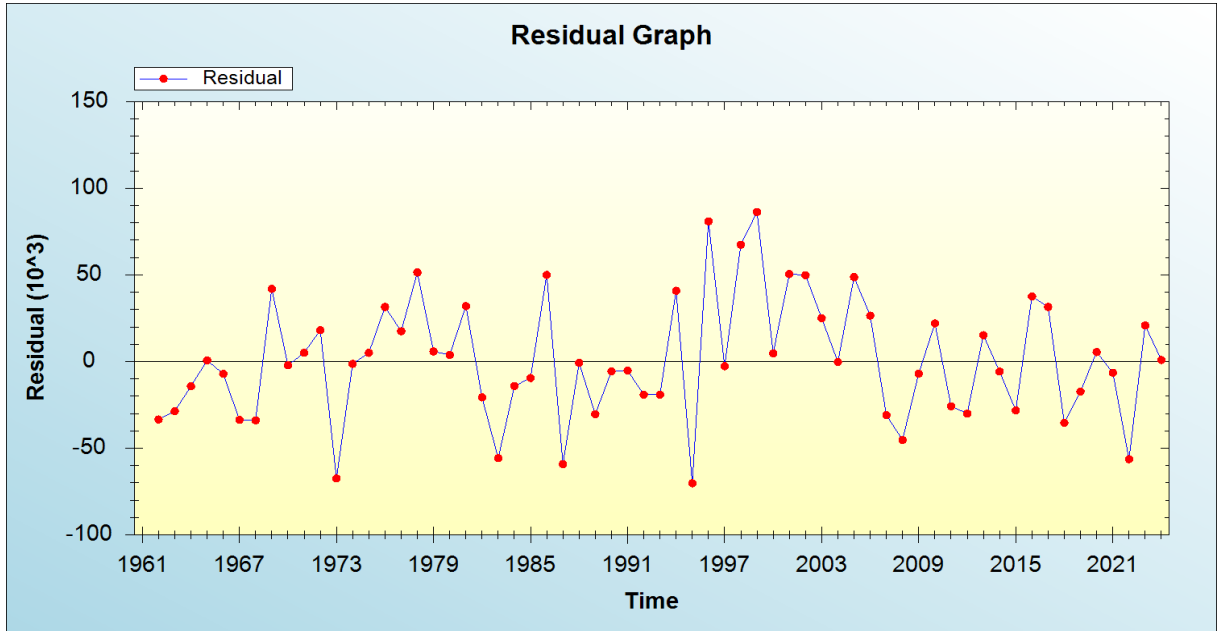
BULGULAR VE TARTIŞMA

Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanılarak yapay sinir ağları (YSA) uygulamasıyla Hata Kareler Ortalaması (MSE)=1.196.450.267 ve Ortalama Mutlak Hata (MAE)=26978 olarak hesaplanmıştır. Diğer uyum iyiliği istatistiklerinden belirleme katsayısı ($R^2=0.973$) ve düzeltilmiş belirleme katsayısı $\bar{R}^2 = 0,966$ bulunmuştur. Gözlenen değerlerle tahmin edilen değerlerin birlikte grafiği Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Gözlenen ve tahmin edilen değerler

Şekil 3’te görüldüğü gibi, 1961–2023 arasındaki süreçte model, verinin genel yükseliş trendini yakalamıştır. Özellikle 1980 sonrası artış trendinde gerçek ve tahmin değerleri oldukça yakın ilerlemiştir. 1970’lerin başında ve 1995–2005 arasında modelin tahminleri ile gerçek değerler arasında farklar göze çarpıyor. 1995–2000 döneminde model zaman zaman gerçek değerleri düşük tahmin etmiştir. 2001–2006 arasında bazı yıllarda model gerçek verinin üzerinde tahmin yapmıştır. 2010-2023 yılları arasında model ve gerçek değerler birbirine oldukça yakın gitmektedir ve bu durum modelin son dönemde daha stabil tahmin yaptığını göstermektedir. YSA modeline ait hata terimlerinin dağılımının grafiği Şekil 2’de sunulmuştur.



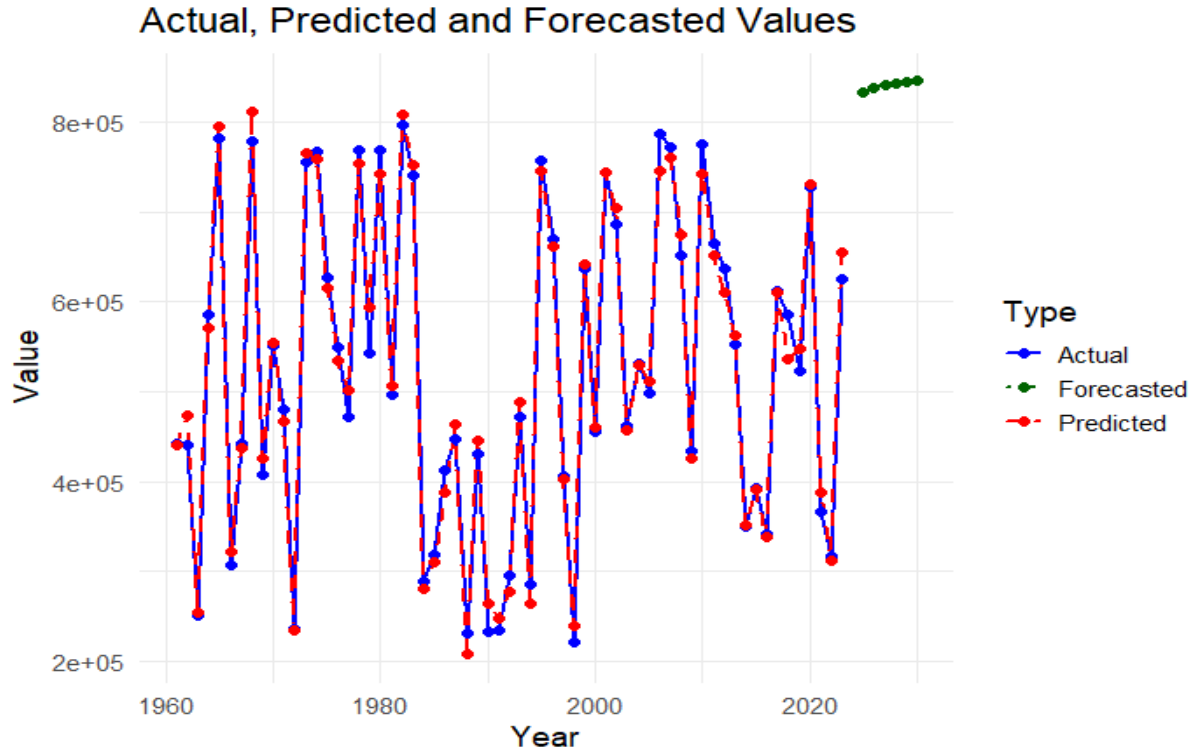
Şekil 3. Hata terimleri grafiği

Şekil 3'te, hata terimleri tahmin edilen değer ile gözlenen değer arasındaki farkı temsil etmektedir. Bu grafikte hata terimleri hem pozitif hem de negatif yönde dalgalanmıştır. 1990'lardan itibaren hata terimlerinin dalgalanma şiddeti artmış görünüyör (özellikle 1995–2005 arası daha yüksek oynaklık vardır). Hata terimlerinin sıfır etrafında dağılması modelin genel olarak uygun olabildiğini göstermektedir. 2025-2030 yılları arası geleceğe dönük öngörü değerleri hesaplanmıştır ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Patlıcan üretim miktarı (ton) öngörüsü

| Yıllar | Öngörü |
|--------|--------|
| 2025 | 833184 |
| 2026 | 837731 |
| 2027 | 841021 |
| 2028 | 843370 |
| 2029 | 845033 |
| 2030 | 846202 |

Tablo 2 incelendiğinde, üretimde artış eğilimi 2025 yılında 833184 tondan 2030'da 846202 ton seviyesine yükseliyor. Bu döneme ait ortalama yıllık artış yaklaşık 2600–3000 ton civarında seyretmektedir. Artış hızı önceki yıllardaki dalgalanmalara göre daha istikrarlıdır. Bu, modelin uzun vadede trendi yakaladığını ancak dalgalanmaları (kriz etkileri vb.) düzlediğini gösteriyor. Öngörü sonucunda model, 2025–2030 arasında ölçülü bir artış öngörmekte ve genel artış trendini sürdürmektedir. Gelecek 6 yıl için öngörü zamana bağlı olarak azalan oranlarda artış göstermiştir. Gerçek, tahmin edilen ve öngörü değerlerini içeren grafik Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Gerçek, tahmini ve öngörü değerleri

Bir çalışmada, Türkiye’de 1988-2011 yılları arası patlıcan üretimi ilgili regresyon analizi yapılmış, yapılan analizle patlıcan üretimi kuadratik regresyon modeli ile tahmin edilmiştir. Yazarın çalışmasında 2012-2015 dönemi öngörü sonucunda üretim miktarında düşüş beklenmiştir (Çelik, 2012). Kullanılan istatistik yöntemi ve incelenen dönemin farklı olması nedeniyle bu çalışma sonuçlarıyla farklılık göstermiştir. İran’da 1990-2020 yılları arası patlıcan üretim verileri analiz edilmiş ve en uygun modelin kuadratik regresyon modeli olduğu tespit edilmiştir. En uygun modeli belirlemek için RMSE, Akaike Bilgi Kriterleri ve Schwarz Bayes Bilgi Kriterleri’nin minimum değerleri kullanılmıştır. 2020’den 2028’e kadar 1000 ton başına patlıcan için 615,819 ila 496,993 olacağı öngörüsü yapılmıştır. Yani patlıcan üretiminde düşüş beklenmiştir (Latifi ve Fami, 2021). Vatesia ve ark. (2023)’ün çalışmasında Endonezya’nın Bengkulu şehrinde 2000-2020 yılları arasındaki 21 yıllık verilere göre patlıcan bitkisinde yağış miktarı ile üretim miktarı arasındaki ilişkinin istatistik analizi yapılmıştır. Regresyon analizi kullanılmış ve doğrusal regresyon modelinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan istatistik yöntemine ait patlıcan üretimi ile yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olduğu için çok geniş bir tartışma yapılamamıştır. Dolayısıyla tartışılan çalışmalardaki sonuçlar ile bu çalışma sonuçları farklılık göstermiştir. Çünkü farklı iklim, bölge ve ekolojik şartların olması, farklı zaman aralığında farklı istatistik yöntemlerinin kullanılmasıdır.

SONUÇ

Bu çalışmada yapay sinir ağları ile Türkiye’de patlıcan üretim miktarı modellenmiştir. Girdi değişkeni yıllar (1961-2024) olup, çıktı değişkeni ise üretim miktarı kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonlarından doğrusal ve hiperbolik aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. En uygun olan hiperbolik tanjant fonksiyonu sonuçlarına göre model oluşturuldu. Bu aktivasyon fonksiyonunda en küçük MSE ve MAE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygulanan YSA yönteminin iyi tahminler verdiğini ortaya koymuştur. Eğitim, test ve doğrulama

aşamalarındaki düşük MSE ve MAE değerleri de bunu doğrulamaktadır. Hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanılarak analiz edilen YSA ile, Türkiye’de 2025-2030 döneminde patlıcan üretim miktarının 833 184 ton ile 846 202 ton arasında olacağı beklenmektedir. 2024 yılına göre gelecek 6 yıllık periyotta patlıcan üretiminde artış beklenmektedir. 6 yıl sonra bu artışın %2,32 olacağı beklenmektedir. Öngörü dönemine ait yıllık ortalama artışın yaklaşık 2600–3000 arasında olması beklenmektedir. Geleceğe ait tahmin çalışmalarında yapay sinir ağları ve alternatif teknikleri kullanarak ziraat alanında iyi sonuçlar vereceği söylenebilir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abbasi, B. (2009). A neural network applied to estimate process capability of non-normal processes. *Expert Systems with Applications*, 36, 3093-3100.
- Alas, E., Öztekin, G.B., & Boyacı, H.F. (2022). Türkiye patlıcan üretiminin mevcut durumu. *Bahçe*, 51(Özel Sayı 1), 435–447.
- Altınok, H. H., Can, C., Dikilitaş, M., & Çolak, H. (2012). Türkiye'de Açık Tarla Patlıcan Yetiştiriciliğinde Fusarium Solgunluk Hastalığının Yaygınlığı ve İzolatların Virülenslikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(3), 342-352.
- Anonim, (2004). Tarımsal Yapı, Üretim, Fiyat, Değer, D.İ.E.
- Anonim, (2025). Patlıcan. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Patlıcan> (24.08.2025).
- Çelik, Ş. (2012). Türkiye’de sebze üretiminin regresyon analizi ile modellenmesi ve ileriye yönelik üretim tahmini. 8. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, 12-14 Eylül 2012, Konya.
- Eğrioğlu, E., Yolcu, U., & Baş, E. (2019). Yapay sinir ağları öngörü ve tahmin uygulamaları. Ankara: Nobel.
- Fathony, R. Z. A., Wibowo, S. H., Kurniawan, W., Hasan, M. F., Sholihah, A. M., Rismawaty, & Amelia, L. (2012). Zaitun time series (Version 0.2.1) [Software]. Zaitun Software. Release: May 22, 2012; Latest update: August 30, 2015. <https://www.zaitunsoftware.com>
- FAO, (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (11.08.2025).
- Galenbus, V. L. (1951). Anatolian eggplants (Anadolu Patlıcanları). *Türkiye’nin Zirai Bünyesi (Anadolu). Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş Neşriyatı*, (20), 738- 745.
- Günay, A. (1992). Özel sebze yetiştiriciliği. Çağ Publish, Ankara, Turkey, Cilt 4
- Haykin, S. (1999). *Neural networks: A comprehensive foundation* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Kara, M.A. (2024). Fındık fiyatlarının yapay sinir ağları ile tahminlenmesi: Türkiye örneği. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 14(1), 31-42.
- Latifi, Z., & Fami, H.S. (2021). An investigation of vegetable production in Iran by using time series models. *Fundamental and Applied Agriculture*, 6(4), 367-382. doi:10.5455/faa.129347
- R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533–536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>
- Singh, K. P., Basant, A., Malik, A., & Jain, G. (2009). Artificial neural network modeling of the river water quality. A case study. *Ecological Modelling*, 220(6), 888-895.
- TÜİK, (2025). Türkiye İstatistik Kurumu. Meyvesi için yetiştirilen sebzeler (ton). Patlıcan, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>
- Vatresia, A., Faurina, R., & Simanjuntak, Y. (2023). Regression analysis for crop production using CLARANS algorithm. *Jurnal Online Informatika*, 8(1), 1-10. doi:10.15575/join.v8i1.1031