

Türkiye'de Buğday Üretim Miktarının Geleceğini Tahmin Etmede Veri Madenciliği Yöntemlerinin Etkinliğinin Karşılaştırılması

Fatma ÇİFTÇİ^{1*}

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

*** Sorumlu Yazar**

Tel.: -

fatma.ciftci@karatay.edu.tr

Yayın Bilgisi:

Geliş Tarihi: 28.07.2024

Kabul Tarihi: 20.08.2024

Anahtar kelimeler: Buğday, Lineer Regresyon, Veri Madenciliği, Yapay Sinir Ağı, Yönetim Bilişim Sistemleri

Keywords: Wheat, Linear Regression, Data Mining, Artificial Neural Network, Management Information Systems

Özet

Temel gıda ürünlerinde olan ekmek ve makarnanın hammaddesini oluşturan buğdayın üretim miktarı gıda güvenliğini doğrudan ilgilendiren konuların başında gelmektedir. Artan nüfus, ekonomik krizler, iklim değişikliği, savaşlar ve salgın hastalıklar gıda güvenliğinin önemini ortaya koymaktadır. Özellikle iklimin etkisinin son derece önemli olduğu tarımsal ürünlerin üretim miktarlarının önceden tahmin edilebilmesine yönelik çalışmalar son zamanlarda önem kazanmıştır. Nitekim veri madenciliği ile bilgiye ulaşım ve yapılan tahminlemeler ile devlet politikalarının yanı sıra şirketler de pazarlama stratejilerini belirlemektedir. Bu çalışma ile Türkiye'nin 1961-2022 yılları arası buğday üretim miktarı verilerinden yararlanılarak önümüzdeki 10 yıllık üretim miktarı, üretim alanı, nüfus, ithalat ve ihracat miktarı tahminlemesi Lineer Regresyon tekniği ve Yapay Sinir Ağı (YSA) tekniği kullanılarak yapılmıştır. Yapılan tahminler, Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (Root Mean Square Error - RMSE), Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error - MAE), Korelasyon Katsayısının Karesi (R^2) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error -MAPE) değerleri kullanılarak karşılaştırılmış ve bu sayede hangi tekniğin daha başarılı tahmin performansı gösterdiğine karar verilmiştir. Tüm bu sonuçlar doğrultusunda, Yapay Sinir Ağı (YSA) tekniğinin daha başarılı sonuçlar sağladığı belirlenmiştir. YSA tekniğiyle 2032 yılın Türkiye'nin buğday üretim miktarı 22 960 111 ton, üretim alanı 7 554 635 da, ihracat miktarı 1 088 114 ton, ithalat miktarı 13 693 156 ton ve nüfusu 86 848 000 kişi olarak belirlenmiştir.

Comparison of the Effectiveness of Data Mining Methods in Forecasting The Future of Wheat Production in Turkey

Abstract

The production amount of wheat, which is the raw material of bread and pasta, which are basic food products, is one of the issues that directly concerns food safety. Increasing population, economic crises, climate change, wars and epidemics reveal the importance of food safety. Studies on estimating the production amounts of agricultural products, especially those where the effect of climate is extremely important, have gained importance recently. Indeed, with access to information and estimations made through data mining, companies determine their marketing strategies as well as state policies. In this study, Turkey's wheat production data between 1961-2022 were used to estimate the next 10-year production amount, production area, population, import and export amount using the Linear Regression technique and Artificial Neural Network (ANN) technique. The estimates were compared using Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), Square Correlation Coefficient (R^2) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) values, and thus it was decided which technique showed more successful estimation performance. In line with all these results, it was clearly demonstrated that the artificial neural network technique provided more successful results. With the ANN technique, Turkey's wheat production amount for 2032 was determined as 22 960 111 tons, production area as 7 554 635 da, export amount as 1 088 114 tons, import amount as 13 693 156 tons and population as 86 848 000 people.

1. Giriş

Toplumların beslenme gereksinimlerini karşılamalarında önemli bir yere sahip olan buğday başta ekmek ve makarna gibi gıda maddelerinin hammaddesini oluşturmaktadır. Nitekim buğday üretimindeki azalış, tarım sektöründeki büyümeyi etkileyeceği gibi birçok ülkede gıda güvenliği konusunda olumsuzluklara neden olacaktır (Chandio vd. 2021). Buğday üretimi dünyada 2000 yılında 215.12 milyon ha iken 2022 yılında 219.15 milyon ha olarak gerçekleşmiştir. Üretim miktarı bakımında 2000 yılında 587.64 milyon ton olan üretim, 2022 yılında 808.44 milyon tona yükselmiştir. Türkiye’de 2000 yılında 9.15 milyon ha alanda üretimi buğday üretimi yapılırken, 2022 yılında 6.60 milyon ha olarak gerçekleşmiş, üretim miktarı ise 2000 yılında 21.00 milyon ton, 2022 yılında 19.75 milyon tona düşmüştür. Artan nüfus ile birlikte üretim miktarı, üretilen ürünlerin kalitesine bağlı olarak ithalat ve ihracat miktarları yıllar içerisinde değişiklik göstermekle birlikte 2022 yılında ihracat 395.33 bin ton ithalat 8.90 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2022).

Dünyada artan nüfus, ekonomik krizler, iklim değişikliği, savaşlar ve salgın hastalıklar temel gıda maddelerinin önemini sürekli taze tutmaktadır. FAO (Gıda ve Tarım Örgütü)’nun raporuna göre dünya nüfusunun 2050 yılında 9.1 milyar olması öngörülmektedir. Bu durum ülkelerin beslenme ile ilgili politikalarını sürekli güncellemelerini gerektirmektedir. Devletlerin politikalarının yanısıra küresel ölçekteki şirketler, ihtiyaç analizleri ve değişen pazar koşullarına uyum sağlamak ve rekabet avantajı elde etmek için çevik ve duyarlı stratejiler geliştirmektedirler. Bu stratejilerin geliştirilmesinde etkin kararlar alabilmek için doğru ve zamanında bilgiye ulaşmak son derece kritiktir.

Yöneticiler karar alırken gereksiz veya yanıltıcı bilgilerle karşılaşması, karar verme sürecini

karmaşık hale getirebilir ve hatalı kararlar alınmasına yol açabilir. Bu tür durumların önüne geçmek için, bilgi ve veri akışının düzenli ve etkili bir şekilde yönetilmesi önemlidir. Bu bağlamda geliştirilen sistemler, yönetim bilişim sistemleri olarak adlandırılır (Gümüştekin, 2004).

İşletmeler büyüdükçe, faaliyetlerin etkin bir şekilde denetlenmesi, bireysel insan yeteneklerini aşmaktadır. Bu durumda yöneticiler, birden fazla konumda bulunmak, planlamak, örgütlemek, uygulamak, koordine etmek, denetlemek, eğitmek ve özetle işletmenin tüm operasyonlarını yönetmek zorundadırlar. Bu nedenle, değişen dünya koşullarına ayak uydurabilmek için, yönetimde bilimsel yöntemlerin kullanılması gereklidir (Gümüştekin, 2004). Bu nedenle, devletler ve şirketler yöneticiler politikalarını belirlemek ve karlılıklarını artırmak amacıyla veri madenciliği yöntemlerini kullanarak karar destek sistemleri ve stratejik planlama çalışmaları gerçekleştirebilmektedir (Can ve Gerşil, 2018).

Literatürde farklı sektörlerde olduğu gibi tarım sektöründe de veri madenciliği yöntemlerini kullanarak gelecekle ilgili öngöründe bulunma konusunu inceleyen birçok araştırma mevcuttur. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, zaman serisi ve yapay sinir ağı yöntemleri ile 2017 yılına ait fiyatların değer tahminleri yapıldığı görülmektedir (Can ve Gerşil,2018). 2017-2022 yıllarına ait buğday fiyatları kullanılarak son 60 gün için fiyat tahminleri yapılmıştır. Bu tahminler, MAE (Ortalama Mutlak Hata) metriğine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, ARIMA modelinin diğer modellerden (Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Regresyonu ve Rastgele Orman) daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir (Özdemir ve Çılgın, 2022). Türkiye’deki korunga üretiminin 2025 yılında ne kadar olacağı tahmininde yapay sinir

ağı tekniği ile trend analizi yapılarak projeksiyon yapılmıştır (Çelik ve Köleoğlu, 2022). Sivas Erzincan Kalkınma Projesi verileri ile en başarılı sınıflandıran algoritma, hem de bu algoritmasının ürettiği sınıflar tespit edilmiş ve bu veriler ile EM algoritmasıyla kümeleme analizi yapılmıştır (Alan, 2014).

Bu çalışmada, önemli bir hububat çeşidi olan buğdayın gelecek 10 yıl içindeki üretim miktarı, üretim alanı, nüfus, ithalat ve ihracat miktarının tahmin edilmesi ve bu tahminlerin iki farklı veri madenciliği tekniği ile performanslarının karşılaştırılması yapılarak üreticiler, üretici örgütleri ve değer zincirindeki tüm paydaşlara katkı sağlamak amaçlanmaktadır. Gelecek 10 yıl içinde hububat sektörü açısından kapsamlı bir değerlendirme yapabilmek için, arpa gibi önemli hububat çeşitlerinin üretim miktarı, üretim alanı, nüfus değişimleri, ithalat ve ihracat miktarlarına dair projeksiyonlar oluşturulmuştur. Bu projeksiyonlar sayesinde, ürün bazında kıyaslamalar ve karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiş, elde edilen veriler ışığında paydaşlara daha somut ve stratejik tavsiyeler sunulması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın ana materyalini, FAO verilerinden elde edilen ikincil veriler oluşturmaktadır. Çalışmada Türkiye'nin 1961-2022 yılları arası yıllık olarak buğday üretim miktarı, üretim alanı, ihracat miktarı, ithalat miktarı ve nüfus verileri kullanılmış, bu verilerin veri madenciliği yöntemlerinden yararlanılarak gelecek 10 yılın üretim miktarı, üretim alanı, ihracat miktarı, ithalat miktarı ve nüfus öngörüsü için lineer regresyon ve yapay sinir ağı yöntemleri uygulanmıştır. Ürün kıyaslamalarını gerçekleştirmek amacıyla, aynı yıl aralığında arpanın üretim miktarı, üretim alanı, ithalat ve ihracat verileri ile nüfus bilgileri incelenmiştir. Ayrıca, arpanın gelecek 10 yıl içindeki üretim miktarını öngörmek için de YSA tekniği

kullanılmıştır. Bu yaklaşım, arpanın mevcut durumu ve gelecekteki eğilimleri hakkında kapsamlı bir değerlendirme yapmayı sağlar.

2.1 Yöntem

2.1.1. En küçük kareler (EKK) yöntemi

İki veya daha fazla değişken arasında bir ilişkinin olup olmadığını test eden doğrusal veya doğrusal olmayan denklemler regresyon olarak adlandırılır. Tahmin edilen katsayıların ve değişkenlerin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerden biri de En Küçük Kareler (EEK) yöntemidir; bu yöntem, gerçek katsayılarla en yakın sonuçları vermeyi amaçlar.

Y_i = Gözlenen değer, \hat{Y}_i = Tahmin değeri
olmak üzere $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \min$ şartının sağlanması gerekir.

EKK yönteminde kullanılan bazı zaman serisi modellerinden biri olan lineer regresyon modeli kullanılmıştır. Lineer regresyon modeli,

$$Y_i = b_0 + b_1 * X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

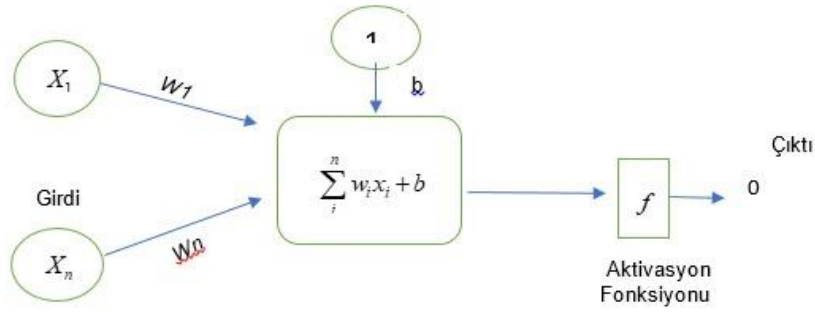
şeklinde elede edilir (Gujarati, 2003; Kadılar, 2009).

2.1.2. Yapay sinir ağı yöntemi

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin öğrenme süreçlerini modelleyen bir yazılım sistemidir (Wang ve ark., 2010). YSA, gelişen teknolojinin etkisiyle son zamanlarda tıp, havacılık, mühendislik ve diğer birçok bilim dalında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Genel olarak, YSA modeli üç temel bileşenden oluşur: nöron, bağlantılar ve öğrenme algoritması. Nöron, bir yapay sinir ağının temel işlem birimidir ve probleme etki eden faktörlere bağlı olarak bir veya daha fazla girdi alarak, beklenen sonuç sayısına göre çıktı

üretir. Katmanlar ise, yapay sinir ağı içinde nöronların benzer şekilde gruplanmış yapılar olarak tanımlanır (Çelik ve Köleoğlu, 2022; Yıldız, 2001). Girdi, gizli ve çıktı olmak üzere üç katman bir araya gelerek YSA oluşmaktadır. Girdi katmanı, dışardan gelen verileri yapay sinir ağına alınan ilk katmandır. Girdi katmanı nörondaki parametre sayısına göre

şekillenmektedir. Son katman çıktı katmanıdır ve bilgiyi dışarıya çıkarır. Girdi katmanı ile çıktı katmanları arasında kalan katman gizli katmandır. Gizli katman girdi katmanından aldığı sinyalleri alıp çıktı katmanına sinyal gönderir (Çelik ve Köleoğlu, 2022). Basit bir YSA algoritması Şekil 1'de gösterilmiştir (Kurt ve ark., 2017, İbrahim, 2019).



Şekil 1. Yapay sinir ağı

Ağın çalışma prensibi, her bir birimin kendisine iletilen girdi değerlerinin ağırlıklı toplamlarını hesaplaması ile başlar. Bu ağırlıklı toplam, verilerin bağlantı ağırlıkları ile çarpılması sonucu elde edilir. Veri, ağ üzerindeki her katmanda bu işlemler tekrarlanır. Başlangıçta ağırlıklar rastgele belirlenir ve ilk gizli katmanda çarpım sonuçları toplanarak bir sonraki katmana veya çıktı katmanına iletilir. Aktivasyon fonksiyonu, girdi değerlerini işleyip çıktı değerlerine dönüştürür; günümüzde en yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonu, 0 ile 1 arasında değişen çıktı değerleri üreten sigmoid fonksiyonudur (Çınaroğlu ve Avcı, 2020). Gizli katmanlarda gerçekleştirilen bu işlemler, ağın doğrusal olmayan bir yapıya dönüşmesini sağlar ve karmaşık problemlerin çözümünde önemli bir avantaj sunar (Akel ve Karacameydan, 2012). Sonuç olarak, veri, girdi katmanından gizli katmanlar aracılığıyla çıktı katmanına iletilir ve süreç tamamlanır (Budak ve Erpolat, 2012).

YSA yönteminde öğrenme işlemi örnekler kullanılarak gerçekleştirilir ve bu yöntem, bilinen

hesaplama tekniklerinden farklı olarak birçok üstün özellik sunar. YSA'nın öne çıkan özellikleri arasında bulunduğu ortama uyum sağlayabilmesi, adapte olabilmesi, eksik veri ile çalışabilmesi, belirsizlik durumunda karar verebilmesi ve hata toleransının bulunması yer alır (Eğrioğlu ve ark., 2019; Kara, 2024). Bu özellikler, YSA'nın çeşitli alanlarda başarılı bir şekilde uygulanabilmesini sağlar. Özellikle son yıllarda sınıflandırma, sinyal filtreleme, örüntü tanımlama, veri sıkıştırma ve optimizasyon gibi konularda YSA'nın güçlü ve etkili sonuçlar ürettiği görülmektedir (Kara, 2024).

Matematiksel bir modele ihtiyaç duymadan ve belirli kontrol sistemlerine bağlı kalmadan öğrenebilen yapay sinir ağları (YSA), sınıflandırma, tahmin ve modelleme işlemlerini hızlı ve düşük maliyetli bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Bu özellikleri sayesinde YSA, karmaşık veri kümeleri için etkili çözümler sunarak önemli zaman ve maliyet avantajları elde edebilir. YSA, verilerdeki kalıpları ve ilişkileri öğrenme yetenekleri sayesinde geleneksel yöntemlerin ötesinde esneklik ve doğruluk

sağlaması nedeniyle karar destek sistemlerinde değerli bir araçtır. (Ekinci ve ark., 2008; Çınaroğlu ve Avcı, 2020). Bu özelliklerden yararlanarak, çalışmada etkili bir tahminleme modeli geliştirmek için Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi tercih edilmiştir.

2.1.3. Tahmin duyarlılık analizi

Tahmin yönetiminin duyarlılığı, tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki farkların incelenmesi yoluyla ölçülür. Bu analizde, tahminlerin doğruluğunu değerlendirmek için hata ölçüleri kullanılır. Hesaplanan hata değerleri, tahminlerin doğruluğunu belirlemek ve iyileştirmek için çeşitli tekniklerle analiz edilir. Bu adımlar, tahmin yönetiminin başarısını artırmak açısından büyük önem taşır. (Kobu, 2017; Yıldız, 2022). Hata değeri, tahmin edilen sonuçlarla gerçek sonuçlar arasındaki farkın hesaplanmasıyla belirlenir. İki modelin tahmin yöntemlerinin duyarlılığı benzerse, Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE) oranının sıfıra ne kadar yakın olduğu, tahminlerin doğruluğunu artıran bir gösterge olarak kabul edilir. Yani, MAPE değeri sıfıra yaklaştıkça, tahminlerin doğruluğu yüksek olarak değerlendirilir (Saigal ve Mehrotra, 2012). Bu çalışmada, tahmin sonuçlarını değerlendirmek amacıyla duyarlılık analizinin hata tahmin ölçüleri kullanılmıştır.

Hata kareler ortalamasının karekökü (Root Mean Square Error - RMSE):

RMSE, Örneklemdaki gerçek değer ile tahmin değeri arasındaki farkın kareler toplamı alınarak, örnek sayısına bölümünün kareköküdür. RMSE değeri ne kadar sıfıra yakınsa, modelin tahminlerinin doğruluğu o kadar yüksek kabul edilir (Kobu, 2017).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X - X')^2} \quad (2)$$

Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error - MAPE):

MAPE, Örneklemdaki gerçek ve tahmin değerleri arasındaki tüm ortalama mutlak yüzde farkı alınarak elde edilir (Kobu,2017).

$$MAPE = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|X - X'|}{X} \right)}{n} \quad (3)$$

Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error -MAE):

MAE, tüm mutlak hata tahminlerinin ortalamasıdır (Yao, 1999).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X - X'| \quad (4)$$

Korelasyon Katsayısının Karesi (R^2):

R^2 , iki sayısal ölçüm arasındaki doğrusal ilişkinin varlığını, bu ilişkinin yönünü ve gücünü belirlemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir (Kobu,2017).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y - Y')^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2} \quad (5)$$

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

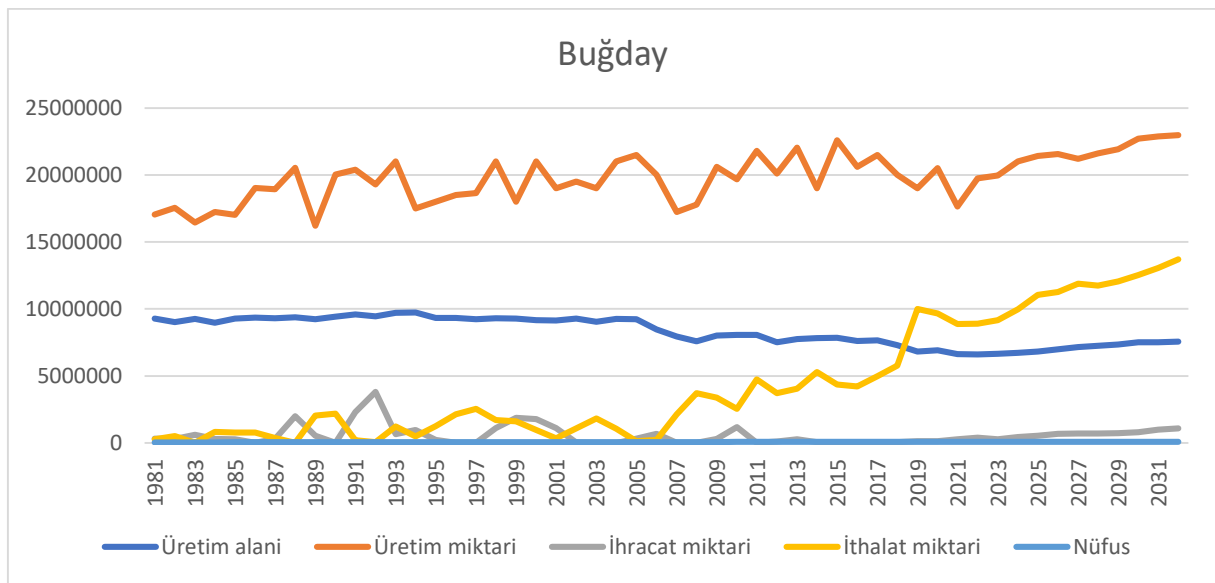
2023-2032 yıllarına ait veriler Weka programı kullanılarak tahmin edilecektir. Weka programı, Waikato Üniversitesi'nde Java yazılım dili kullanılarak geliştirilmiş bir veri analiz aracıdır. Veri madenciliği alanında yaygın olarak kullanılan bu program, ayrıca makine öğrenimi ve istatistik ile ilgili birçok hazır bilgi ve araç sunmaktadır. Türkiye' deki buğday üretimi, üretim alanı, nüfus, ithalat ve ihracat miktarlarına ait veri seti. arff dosya formatına uygun hale getirilmiştir.

Türkiye'deki buğday üretimi, üretim alanı, nüfus, ithalat ve ihracat miktarlarına ait FAO' dan elde edilen veri setine göre Lineer Regresyon ve YSA teknikleri ile öngörü işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada öncelikle gelecek 10 yıllık öngörü işlemi yapılacak ve yapılan öngörüye ilişkin kullanılan iki farklı tahmin edici yöntemleri için duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi için, MAE, RMSE, MAPE ve R^2 değerlerinden yararlanılacaktır.

Tablo 1'de buğday üretimi, üretim alanı, nüfus, ithalat ve ihracat miktarlarına ilişkin verileri %95 güven aralığında verinin tamamı eğitim verisi olarak kullanılarak Lineer Regresyon tekniği ile 10 yıllık öngörü tahmini Tablo 2'de %70 eğitim %30 test oranında yapay sinir ağı eğitimi ve testi kullanılarak YSA tekniği ile 10 yıllık öngörü tahmini yapılmıştır.

Tablo 1. Lineer regresyon tekniği ile buğday tahmin göstergeleri

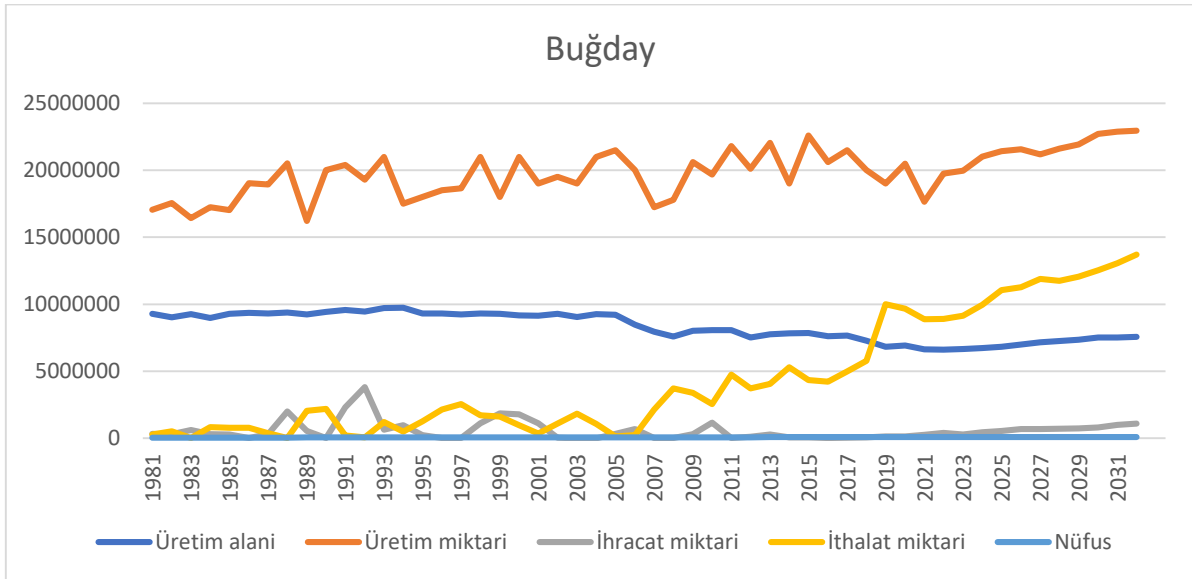
Yıllar	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)	İhracat Miktarı (ton)	İthalat Miktarı (ton)	Nüfus (bin kişi)
2023	6 775 272	19 875 346	226 603	8 914 563	88 044
2024	6 833 395	20 575 483	391 288	9 337 286	90 828
2025	6 846 347	20 657 434	427 889	11 033 538	91 749
2026	6 885 215	20 875 456	641 232	12 316 178	91 714
2027	6 892 537	20 968 656	673 742	13 509 224	92 508
2028	6 995 876	21 385 345	687 234	13 837 938	92 949
2029	6 998 567	22 567 887	704 500	14 150 481	93 503
2030	7 019 731	22 887 556	765 444	15 019 801	94 268
2031	7 092 350	23 686 434	807 854	16 631 108	95 962
2032	7 102 729	23 916 345	869 539	17 764 625	97 362



Şekil2. Lineer regresyon tekniği ile buğday tahmin göstergeleri

Tablo 2. YSA tekniği ile buğday tahmin göstergeleri

Yıllar	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)	İhracat Miktarı (ton)	İthalat Miktarı (ton)	Nüfus (bin kişi)
2023	6 649 719	19 958 066	270 060	9 151 956	84 116
2024	6 717 950	21 004 890	434 971	9 965 921	85 102
2025	6 817 969	21 417 767	545 567	11 048 065	85 794
2026	6 995 750	21 564 498	674 023	11 259 856	85 904
2027	7 165 750	21 190 801	694 559	11 890 312	86 040
2028	7 248 764	21 605 682	714 954	11 747 880	85 882
2029	7 354 919	21 923 270	725 493	12 052 217	86 209
2030	7 505 834	22 706 018	808 559	12 539 719	86 379
2031	7 516 159	22 876 500	989 584	13 057 763	86 849
2032	7 554 635	22 960 111	1 088 114	13 693 156	86 848

**Şekil 3.** YSA tekniği ile buğday tahmin göstergeleri

Tablo 1'e göre lineer regresyon tekniğiyle 2032 yılında buğday üretim miktarının 23 916 345 ton üretim alanı 7 102 729 da, ihracat miktarı 869 539 ton, ithalat miktarı 17.764.625ton ve nüfus 97 362 000 kişi olarak bulunmuştur. Tablo 2' ye göre ise YSA tekniğiyle buğday üretim miktarı 22 960 111 ton, üretim alanı 7 554 635 da, ihracat miktarı 1 088 114 ton, ithalat miktarı 13 693 156 ton ve nüfus 86 848 000 kişi belirlenmiştir. Projeksiyonlar dikkate alındığında, buğday üretim miktarında genel olarak

bir artış eğiliminin beklendiği söylenebilir. Bu veriler, buğday üretiminde uzun vadeli bir büyüme trendinin mevcut olduğunu ve buğday üretiminin artırılması gerektiğini göstermektedir. Lineer Regresyon tekniği ile YSA tekniğinin performanslarını karşılaştırmada Tablo 3' deki bulgulardan yararlanılarak en iyi model seçimi yapılmıştır. Tablo 3' deki kriterlerin yüksek R^2 ve en düşük RMSE, MSE ve MAE değerleri, modelin tahmin doğruluğunu ve genel başarısını en iyi şekilde yansıtır(Kayakuş, 2021).

Tablo 3. Model performanslarının karşılaştırılması

Model	MAE	RMSE	MAPE	R^2
Lineer Regresyon Tekniği	0.4835	0.5854	37.03	0.96
YSA Tekniği	0.1219	0.1624	4.17	0.99

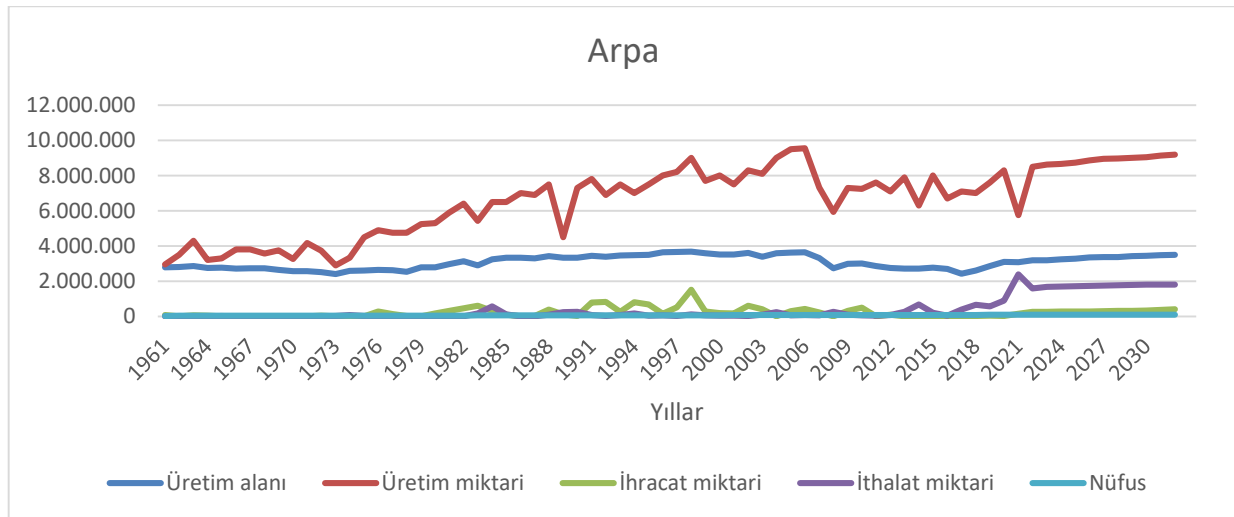
Tablo 3 incelendiğinde, YSA tekniğinde RMSE değerinin düşük, MAE ve MAPE değerlerinin sifıra yakın, R^2 değerinin ise %99 olması nedeniyle YSA tekniğinin Lineer Regresyon tekniğine kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Literatürde, Asilkan ve Irmak (2009), Kaynar ve Taştan (2009), Saigal ve Mehrotra (2012) ile Can ve Gerşil (2018) gibi çalışmalar, performans karşılaştırmaları yapmak için MAE, RMSE ve MAPE hata oranlarını kullanmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, YSA

tekniğinin Delen ve ark. (2005), Ibrahim ve Rusli (2007), Can ve Gerşil (2018) ile Çelik ve Köleoğlu (2022) çalışmalarında olduğu gibi daha gerçeğe yakın değerler sağladığı görülmektedir.

YSA tekniğinin modelleme açısından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, Tablo 4' de arpa üretim miktarı, üretim alanı, ithalat ve ihracat miktarları gibi faktörlerin geleceğe yönelik tahminleri yapılmış ve bu tahminler kullanılarak ürün bazında karşılaştırmalar elde edilmiştir.

Tablo 4. YSA tekniği ile arpa tahmin göstergeleri

Yıllar	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)	İhracat Miktarı (ton)	İthalat Miktarı (ton)	Nüfus (bin kişi)
2023	3 192 014	8 619 826	253 475	1 665 846	84 116
2024	3 232 863	8 667 985	265 364	1 698 456	85 102
2025	3 282 356	8 726 584	269 864	1 702 384	85 794
2026	3 345 262	8 867 545	275 463	1 724 385	85 904
2027	3 368 945	8 956 734	295 437	1 738 954	86 040
2028	3 372 456	8 971 246	301 454	1 765 349	85 882
2029	3 415 786	9 001 523	316 864	1 778 230	86 209
2030	3 434 984	9 050 762	325 634	1 798 723	86 379
2031	3 476 843	9 125 047	364 986	1 802 435	86 849
2032	3 486 734	9 188 648	398 489	1 811 254	86 848

**Şekil 4.** YSA tekniği ile arpa tahmin göstergeleri

YSA ile yapılan analiz sonucunda buğday üretim miktarının daha anlamlı ve teoriye uygun sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu sebeple, arpa üretim miktarının geleceğe yönelik trendinin belirlenmesinde YSA'dan yararlanılmıştır. Nitekim hububat grubunda yer alan iki önemli ürün olan buğday ve arpanın birbirlerine rekabetleri yüksektir. Dolayısıyla çeşitli endüstriyel alanlarda da çok fonksiyonlu olarak kullanılan arpanın geleceğe yönelik tahminin yapılması sektörel rekabet gücünün ve kendine yeterliliğinin önemli göstergelerini anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Yapılan analiz sonucunda arpanın önümüzdeki 10 yıl içerisinde üretim miktarı %9.35 büyüyerek 3 486 734 ton üretim alanı %8.10 genişleyerek 9 188 648 da, ihracat miktarı %59.78 artarak 398 489 ton, ithalat miktarı 14.26 artarak 1 811 254 ton olarak belirlenmiştir.

Buğday ve arpa, hem insan hem de hayvan beslemesi açısından önemli besin kaynaklarıdır ve dünya genelinde en çok üretilen tahıl ürünleri arasında yer alır. Bu nedenle, bu ürünlerin gelecekteki üretim trendlerinin belirlenmesi, gıda güvenliği ve hayvancılık sektörünün sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Kuru tarım alanlarında buğday ve arpa birbirleriyle rekabet ederken, sulu tarım alanlarında ise bölgesel farklılıklar ve üretim faaliyetlerine bağlı olarak değişen rakip ürünler olarak değerlendirilebilirler. Buğday ve arpanın üretim miktarını etkileyen iklim, ekonomik ve çevresel faktörler benzer nitelikte olup, bu nedenle ürünlerin birlikte değişim derecelerini anlamak önemlidir. Ayrıca, ülkelerin ihracat, ithalat ve üretim stratejilerinin belirlenmesi için buğday ve arpanın gelecekteki tahminlerinin periyodik olarak yapılması gerekmektedir.

4. Sonuç

Artan rekabet koşullarında ülkeler, kendine yeterliliği sağlamak ve pazar payını artırabilmek için üretim planlaması yaparak hem üretim miktarını artırmayı hem de daha verimli ürünler elde etmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda planlama

yapabilmek için mevcut potansiyellerin bilinmesi ve doğru verilerle gelecek öngörüsü ve modellemeleri yapılması gerekmektedir. Bilgisayar sistemlerinin gelişimi ile veriye ulaşımı daha da kolaylaştırmış, geleceğe yönelik öngörülerin modelleme alternatifleri çoğalmıştır. Veri madenciliği yöntemi bu alternatiflerden arasında yer almakta olup veri setinin davranışlarını öngörmek amacıyla bir model geliştirmeye çalışır. Bu yöntemler, veri setini daha iyi analiz etmemize ve geleceğe yönelik daha doğru sonuçlar elde etmemize yardımcı olur.

Bu çalışma kapsamında, 1961-2022 yılları arasındaki buğday üretim miktarı, üretim alanı, nüfus, ithalat ve ihracat miktarları FAO'dan alınarak arff dosya formatına dönüştürülmüştür. Türkiye'deki buğday üretim miktarı, üretim alanı, nüfus, ithalat ve ihracat miktarlarına dair 10 yıllık gelecek tahminleri, WEKA yazılımının tahmin araçları kullanılarak yapılmıştır. İki farklı algoritma, Lineer Regresyon ve Yapay Sinir Ağları (YSA), kullanılarak tahminler elde edilmiş ve bu tahminlerin performansları duyarlılık analiziyle değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, YSA tekniği daha yüksek performans sergilemiştir. YSA'ya göre, 2022 yılında 19 750 000 ton olan buğday üretim miktarının, %16.25 artışla 2032 yılında 22 960 111 tona ulaşması öngörülmüştür. Aynı dönemde üretim alanının %14.43 artarak 7 554 635 dekar, ihracat miktarının %175.23 artarak 1 088 114 ton, ithalat miktarının ise %53.72 artarak 13 693 156 ton olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, arpa'nın da YSA tekniğine göre 2032 yılında üretim miktarının %9.5, üretim alanının %8.10, ihracat miktarının %59.78 ve ithalat miktarının %14.26 artacağı öngörülmektedir.

Bu veriler doğrultusunda, ülkelerin gıda güvenliği ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak için çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Gelecekteki üretim ve tüketim trendlerinin belirlenmesi, etkili bir üretim ve tüketim planlaması oluşturulması açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca, ülkelerin kendilerine yeterliliklerini, rekabet güçlerini ve besin dengelerini korumak amacıyla

gelecekteki senaryoların oluşturulması önemlidir. Bu süreçte, geçmiş verilerden yararlanarak hesaplanabilecek değişkenlerin dahil edildiği bütüncül politikaların geliştirilmesi, vergi ve gümrük politikalarının belirlenmesi ve fiyat politikalarının sağlıklı bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Yapılan çalışmada, dinamik bir yöntem olan YSA tekniği kullanılarak buğday ve arpa üretim miktarları, üretim alanları, nüfus, ithalat ve ihracat miktarlarına ilişkin tahminler yapılmış ve projeksiyonlar elde edilmiştir. Bu tahminler, ürün bazında karşılaştırmalar yapabilmek ve stratejik kararlar almak için önemli veriler sunmaktadır.

5. Kaynaklar

- Akel, V., Karacameydan, F. (2012). "Yatırım Fonları Net Varlık Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tahmin Edilmesi", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt/Vol.: 12 - Sayı/No: 2 (87-106).
- Alan, M. (2004). Sivas Erzincan Kalkınma Projesi (SEKP) verilerinin veri madenciliği ile sınıflandırılması ve kümelenmesi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 129-144.
- Asilkan, Ö., Irmak, S. (2009). İkinci El Otomobillerin Gelecekteki Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2), 375-391.
- Budak, H., Erpolat, S. (2012), "Kredi Riski Tahmininde Yapay Sinir Ağları ve Lojistik Regresyon Analizi Karşılaştırılması", *Ajit-E: Online Academic Journal of Information Technology*, 3(9). 23-30.
- Can, Ş., Gerşil, M. (2018). Manisa pamuk fiyatlarının zaman serisi analizi ve yapay sinir ağı teknikleri ile tahminlenmesi ve tahmin performanslarının karşılaştırılması. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 25(3), 1017-1031.
- Chandio. A. A., Gökmenoğlu. K. K. & Ahmad. F. (2021). Addressing the long and short-runeffects of climate change on major food crops production in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37). 51657-51673.
- Çınaroğlu, E., & Avcı, T. (2020). THY hisse senedi değerinin yapay sinir ağları ile tahmini. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(1), 1-19.
- Çelik, Ş., Köleoğlu, N. (2022). Trend analizi ve yapay sinir ağları: Tarımda bir uygulaması. *Journal of Awareness*, 7(1), 39-46.
- Delen, D., Walker, G., Kadam, A. (2004). Predicting Breast Cancer Survivability: A Comparison Of Three Data Mining Methods. *Artificial Intelligence in Medicine*, 35, 113-127.
- Ekinci, Y., Temur, G. T., Çelebi, D., Bayraktar, D. (2008). "Ekonomik Kriz Döneminde Firma Başarısı Tahmini: Yapay Sinir Ağları Tabanlı Bir Yaklaşım", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt: 21 Sayı: 1 (17-29).
- Eğrioğlu, E., Yolcu, U. ve Baş, E. (2019). Yapay sinir ağları öngörü ve tahmin uygulamaları. Ankara: Nobel.
- FAO, 2022, <http://www.fao.org/faostat/en/#data> /Erişim Tarihi: 13 Mayıs 2024.
- Gujarati, D. N. (2003). *Basic Econometrics*. Mc-Graw-Hill, North America.
- Gümüştekin, G. E. (2004). İşletmelerde Yönetim Bilişim Sistemleri. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 11(1), 125-142.
- Şimşek, O., Mermer, A., Yıldız, H., Aytaç Özaydın, K., Çakmak, B. (2007). AgroMetShell modeli kullanılarak Türkiye'de buğdayın verim tahmini. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(03), 299-308.
- İbrahim, M. H. (2019). Ayırıklaştırma ve optimizasyon yaklaşımları ile sınıflandırma algoritmalarının performansının iyileştirilmesi (Improving the performance of classification algorithms with discretization and optimization approaches) (Doktora tezi) Selçuk Üniversitesi, Türkiye.
- İbrahim, Z., Rusli, D. (2007). Predicting Students' Academic Performance: Comparing Artificial Neural Network, Decision Tree And Linear Regression, 21st Annual SAS Malaysia Forum, 5th September 2007.
- Kadılar, C. (2009). *SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş*. Bizim Büro Yayınevi, Ankara.
- Kara, M. A. (2024). Fındık Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahminlenmesi: Türkiye Örneği. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 14(1), 31-42.
- Kayakuş, M. (2021). Yazılım çaba tahmininde yapay sinir ağları için optimum yapının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 43-48.
- Kaynar, O., Taştan, S. (2009). Zaman Serisi Analizinde Mlp Yapay Sinir Ağları Ve Arıma Modelinin Karşılaştırılması, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33, 161-172.
- Kobu, B. (2017). Talep Tahminlerinde Duyarlılık, Üretim Yönetimi, 18.baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, Türkiye, 120-125.
- Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E., Çabuk, Y. (2017). Yapay Sinir Ağları İle Öngörü Modellemesi: Türkiye Kağıt-Karton Sanayi Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2): 99-106.
- Özdemir, M. O., Çılgin, C., (2022). Buğday fiyatının öngörülenmesinde makine öğrenmesi ve zaman serisi tahmin modellerinin performanslarının karşılaştırılması. 21. *Yüzyılda İktisadi anlamak* (pp.203-218), ankara: gazi kitabevi.
- Saigal, S., Mehrotra, D. (2012). Performance Comparison Of Time Series Data Using Predictive Data Mining Techniques. *Advances in Information Mining*, 4(1).

Yao, X., (1999). Evolving artificial neural networks, Proceedings of the IEEE, 87 (9), 1423-1447.

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

Yıldız, İ. (2022). Veri Madenciliği: Makine Öğrenme Algoritmaları ile Türkiye'nin İşsizlik Oranı

Tahminini Etkileyen Faktörlerin Tespit Edilmesi. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi, 6(2), 78-91.

Wang, S., Dong, X., & Sun, R. (2010). Predicting saturates of sour vacuum gas oil using artificial neural networks and genetic algorithms. Expert Systems with Applications, 37(7), 4768-4771.