

Yapay sinir ağları yöntemiyle BIST 100 endeksi tahmini BIST 100 index prediction with an artificial neural network method

Hakan Yılmaz¹ 

Öz

Borsa üzerine gerçekleştirilen tahminler, bireysel ve kurumsal yatırımcıların doğru yatırım kararı alabilmeleri için geçmiş finansal verilerden yola çıkılarak geleceğe dönük öngöründe bulunmaları işlemidir. Borsa endeksi tahmini ve hisse senedi fiyat tahmini gibi tahmin çalışmalarında yaygın olarak kullanıldığı görülen tekniklerden birisi de Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemidir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmali YSA aracılığıyla 02.01.2014 ile 23.12.2024 arasındaki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası ve diğer borsa internet sitelerinden elde edilen veriler kullanılarak BIST 100 endeksinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada 2014-2022 dönemine ait BIST verileriyle çok sayıda model denemesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda oluşturulan modeller arasında istatistiki performans ölçütlerine göre en iyi dört model belirlenerek 2023-2024 döneminin verileriyle BIST 100 endeks öngörüsü (forecasting) analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda oluşturulan modellerden Model 2 hariç diğer üç modelin R² değerlerinin %60 başarı düzeyinin üzerinde gerçekleştiği; sırasıyla Model 1'in %61,9, Model 3'ün %60,4 ve Model 4'ün %63,2 R² değerine ulaştığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, BIST 100 Endeksi, Tahmin Modeli

Jel Kodları: C45, C53, G17

Abstract

Stock market forecasting is the process of making future predictions based on past financial data, enabling individual and institutional investors to make informed investment decisions. One of the techniques widely used in forecasting studies, such as stock market index forecasting and stock price forecasting, is the Artificial Neural Network (ANN) method. This study aimed to forecast the BIST 100 index using data obtained from the Central Bank of the Republic of Turkey and other stock exchange websites between 02.01.2014 and 23.12.2024, using a multi-layered feedforward backpropagation ANN algorithm. Numerous model tests were conducted using BIST data for the period from 2014 to 2022. Within this scope, the best four models were determined based on statistical performance criteria, and the BIST 100 index forecast was analysed using data for the 2023-2024 period. As a result of the study, it was determined that the R² values of the other three models, except Model 2, were above the 60% success level; Model 1 reached 61.9%, Model 3 60.4% and Model 4 63.2% R² values, respectively.

Keywords: Artificial Neural Networks, BIST 100 Index, Prediction Model

Jel Codes: C45, C53, G17

Başvuru/Submitted: 3/07/2025

Revizyon/ Revised: 18/08/2025

Kabul/Accepted: 2/09/2025

Yayın/Online Published: 25/09/2025

Atıf/Citation: Yılmaz, H., Yapay sinir ağları yöntemiyle BIST 100 endeksi tahmini, bmij (2025) 13 (3): 1240-1259 doi: <https://doi.org/10.15295/bmij.v13i3.2621>

Extended Abstract

BIST 100 index prediction with an artificial neural network method

Literature

Studies conducted using ANN and different methods on stock market index forecasting have been carried out by Yakut, Elmas and Yavuz (2014), Özer, Sarı and Başakın (2018) and Karakul (2020). In their study, Yakut, Elmas, and Yavuz (2014) predicted the BIST index using Artificial Neural Network (ANN) and Support Vector Machines (SVM) methods for the period 2005-2012. Özer, Sarı, and Başakın (2018) conducted a forecasting study using fuzzy logic and ANN methods for the period 2012-2016. Karakul (2020) forecasted the BIST 100 index values for the period 2010-2020 using ANN.

Research subject

It is crucial for individual and institutional investors to continuously monitor the price movements of investment instruments to make accurate financial forecasts and investment decisions. Monitoring price changes, particularly stock market indices, is an essential factor in helping investors make sound investments and avoid losses (Sarı and İlgin, 2022: 351).

Research purpose and importance

This study aims to predict the BIST 100 index using data obtained from the Central Bank of the Republic of Turkey and other stock exchange websites between January 2, 2014, and December 23, 2024, employing a multi-layered feedforward backpropagation algorithm neural network method. As a result of this forecasting study conducted on the BIST 100 Index in a selected time period and using the ANN method, it is thought that individual and institutional investors will make more accurate financial decisions when investing.

Contribution of the article to the literature

Forecasting studies using ANN for the BIST 100 index during the study period are limited. Unlike previous studies, this study is believed to contribute to the financial literature by using both the period and variables used in the index forecasting study.

Design and method

The study used a multi-layered feedforward backpropagation algorithm neural network method.

Research type

Research article

Research problems

The study aims to evaluate the success of models created for training and testing sets using BIST data from 2014 to 2022, as well as define performance indicators. Additionally, the study aimed to calculate BIST 100 index price forecasts for the 2023-2024 period using 974 days of data out of a total of 3212 days.

Data collection method

The data set for the study consists of data from 3,212 business days between January 2 2014, and December 23 2024, obtained from the websites of BIST and TCMB.

Quantitative/qualitative analysis

A quantitative analysis was performed in the study. MATLAB R2014a software was used to perform the YSA analysis.

Research model

A multi-layered feedforward backpropagation algorithm neural network model was used in the study. The models were constructed using data from 02.01.2014 to 30.12.2022, and these models were used to calculate the forecast values of the BIST index for the period from 03.01.2023 to 23.12.2024.

Findings and discussion

Various combinations of network parameters were tested to determine the network structure that performed best on the training and test data sets. To determine the parameters of the neural network, numerous model trials were created, and the statistical performance metric values of each model were compared for both the training and test datasets. Using the neural network analysis application, numerous model trials were conducted, and the results of the top four models with the best performance in the training and test models were calculated based on statistical performance criteria. In the study in the literature conducted by Karakul (2020) using ANN analysis in 2020, the MAPE value of the model for the test data was calculated as 7.91%, while in this study, it was determined that the MAPE value of Model 1, Model 3, and Model 4 among the models for the test data was 8.3%. Again, in this study, as a result of the MAPE value of the model for the forecasting values of the years 2023 and 2024 being 29.8%, it was determined that the models were at an acceptable level because, according to Lewis, these models are accepted when the MAPE values are below 50%. It has been determined that this study differs from Karakul's (2020) study in this respect because the forecast values were obtained from the 2023 and 2024 data, which were never shown. The statistical performance indicator values of the model were calculated.

Findings as a result of analysis

The R^2 values calculated by applying YSA analysis to the top four best-performing models ranged from 0.668 to 0.824 in the training set and from 0.651 to 0.950 in the test set. It was understood that the MAPE values ranged from 6.6% to 32.7% in the training set and from 8.3% to 91.9% in the test set, while the RSMPE values ranged from 2.7% to 55.8% in the training set and from 10.2% to 105.4% in the test set. However, when the MSE (10^6) values of the models were examined, it was found that they ranged from 0.025 to 1.888 in the training set and from 0.052 to 0.054 in the test set. It was understood that the models were perfect in terms of stock index prediction success. Furthermore, when evaluating the forecast performance results of the established models for the relevant period, it was observed that the R^2 values of the other three models, except for Model 2, showed an explanatory

power of over 60%, and that Model 4 was more successful than the other three models during the selected period, with an R^2 value of 63.2%, demonstrating its success in predicting the BIST index value.

Discussing the findings with the literature

In the study conducted by Karakul (2020) using ANN analysis in 2020, the MAPE value of the model for the test data was calculated as 7.91%, while in this study, it was determined that the MAPE value of Model 1, Model 3 and Model 4 among the models for the test data was 8.3%. It was determined that this study differed from Karakul's (2020) study in this respect because the statistical performance indicator values of the model were calculated by obtaining the forecast values from the 2023 and 2024 data, which were never shown, unlike Karakul's (2020) study.

Conclusion, recommendation and limitations

The results obtained from the study, recommendations and study limitations are explained under the following headings.

Results of the article

As a result of the study, it was determined that the MAPE value for the forecasting values for the years 2023 and 2024 was 29.8% and below 50%, indicating that the forecast results of the models for the period 2023-2024 were at an acceptable level.

Suggestions based on results

According to the study results, it is believed that researchers can make more successful prediction studies by using different stock exchanges, sectors, and variables, and creating multiple models through the ANN method. Again, it is evaluated that it will be healthier to compare the models with the predicted statistical performance values in future studies. It is recommended to create various hybrid models, especially using the SVM method, to utilise variables such as stock exchange return indices as alternatives to stock exchange closing prices, and to conduct prediction studies on large datasets.

Limitations of the article

In this study, the ANN method, a machine learning technique, was employed. The study covers the years 2014-2024. In the survey, BIST 100 index companies' stocks were taken into account.

Giriş

Sermaye piyasalarında faaliyet gösteren borsalar genel anlamıyla alıcı ve satıcıların bulunduğu ortamlardır. Bu ortamlar pazar yeri olarak da ifade edilebilmektedir. Bahsedilen pazarlarda menkul kıymetler ile menkul kıymet benzeri finansal varlıklar üzerinden alıcı ve satıcılar tarafından alım satım işlemleri yapılmaktadır. Alım satım işlemlerinin gerçekleştirildiği bu pazarlar, önceden belirlenmiş kuralları olan, belirli bir mekânı bulunan ve çeşitli kurumlarca denetime tabi olan organize edilmiş alım satım merkezleridir (Karslı, Kahraman ve Bayındır, 1994). Bahsi geçen borsaları da içerisinde barındıran finansal piyasalar ise tasarruf arz edenlerle tasarruf talep edenlerin bir araya geldiği ortamlar olarak tanımlanabilmektedir. Piyasaların ve diğer ekonomik birimlerin birer parçası olduğu ülke ekonomileri ise ulusal ve uluslararası finansal piyasalarla güçlü bir etkileşim içerisinde olan yapılardır. Bu nedenle finansal piyasalarda meydana gelen herhangi bir değişiklik, ülke ekonomilerine doğrudan etki etmektedir. Günümüz ekonomilerinde finansal piyasalara oldukça ilgi gösterilmektedir. Borsalarda yalnızca yatırımcıların değil aynı zamanda bireysel tasarruf sahiplerinin de işlem yapıyor olması bu durumun bir kanıtı niteliğindedir. Bu doğrultuda bireyler ve ekonomiler açısından oldukça önemli bir durumda olan finansal piyasaların ve borsaların doğru bir biçimde işletilebilmesi için bahsedilen ortamlarda en fazla işlem gören hisse senedi dinamiklerinin en doğru şekilde anlaşılması gerekmektedir. Bahsi geçen dinamikler, geçmiş dönem verilerinin çeşitli modeller yardımıyla değerlendirilerek geleceğe dönük tahminlerde bulunulmasını sağlamaktadır (Akbulut ve Adem, 2023, s. 52).

Hisse senedi işlemlerinin yapıldığı ve reel ekonomik faaliyetlerinde dolaylı yollarla etkilendiği hisse senedi piyasaları, sermaye piyasalarının etkinliğinin yüksek olduğu ülkelerde ve ekonomilerde daha fazla kullanılmaktadır. Sermaye piyasalarında gerçekleştirilen alım satım işlemlerinde yatırımcılar, fiyat dalgalanmaları ve kâr payı getirilerini gözeterek yatırım işleminde bulunmaktadır. Yine finansal piyasalarda ortaya çıkan gelişmeler, pay fiyatlarını doğrudan etkilediği için yatırımcı tercihlerinde etkili olmaktadır. Bu doğrultuda yatırımcılar, finansal piyasalarda ve yatırımlarında oluşabilecek risk ve belirsizlere karşı herhangi bir zarar durumu yaşamamak amacıyla enflasyonun üzerinde bir kar beklentisiyle yatırımlarını yönlendirmektedir (Sarı, 2021, s. 226).

Yatırımcıların yatırımları üzerinden bekledikleri getiriye elde edebilmeleri amacıyla yatırım kararlarını vermeden önce çeşitli tahminlerde bulunmaları gerekmektedir. Bu tahminler arasında bulunan ve oldukça ilgi gösterilen yatırımcı tahmin faaliyetlerinden birisi tarihi veriler ve geçmiş endeks değerlerinden yola çıkılarak, gelecekte oluşabilecek endeks fiyatlarının tahmin edilmesi durumudur. Geleceğe dönük borsa endeks hareketlerinin tahmini için kesin sonuç verebilecek herhangi bir yöntem bulunmamaktadır. Borsa endekslerinin yüksek belirsizlik ve oynaklık durumundan dolayı tahmin edilmesi de oldukça güçtür. Bu sebeple borsada yapılan yatırımların, diğer yatırım türlerine göre daha yüksek riske sahip olduğu belirtilebilmektedir (Kutlu ve Badur, 2009, s. 27). Bu doğrultuda borsada yapılan hisse senedi yatırımları üzerinde performans ölçümü yapılması oldukça önemlidir. Bahsedilen ölçüm için kullanılan temel araç ise piyasa endeksleridir. Endeksin değerlendirilmesi sonucunda gerçekleştirilen yatırımın başarı durumu kolaylıkla anlaşılabilir (Yakut, Elmas ve Yavuz, 2014, s. 140).

Bahsedildiği üzere yatırımcıların yatırım öncesi tahmin çalışmalarında kullandıkları başlıca yöntem, geçmiş verilerden hareketle geleceğin tahmin edilmesidir. Bahsedilen bu işlem finansal zaman serileri analizi olarak adlandırılmaktadır. Yatırımcılar ve araştırmacılar tarafından sıklıkla başvuru alan analiz yöntemi, makroekonomik değişkenleri de analizde kullanarak geleceğe dair tahminde bulunmaya çalışılan ekonometrik bir uygulamadır. Belirtilen yöntemin dışında tarihi hisse senedi fiyatları kullanılarak geleceğe dönük Al/Sat/Bekle gibi kararların verilebilmesi amacıyla kullanılan temel ve teknik analiz yöntemleri de bulunmaktadır. Yatırım işlemi yapılmadan önce işletmenin, faaliyet gösterilen sektörün ve ekonominin incelenerek yatırıma dair tahminde bulunulması temel analiz olarak açıklanmaktadır. Yatırım aracının geçmiş fiyatlarının değerlendirilmesi sonucunda ileriki dönemlerde nasıl bir seyir izleneceğinin tahmin edilmesi ise teknik analiz biçiminde ifade edilmektedir (Özari ve Demirkale, 2022, s. 42-43). Tahminleme ve tahmin yöntemleri ekonomi ve finans alanlarında sıklıkla başvuru alan ve önemle üzerinde durulan bir çalışma alanıdır. Özellikle finansal yatırımcıların yapılan tahminler sonucunda doğru kararlar verebilmeleri açısından, gerçekleştirilen tahminlerin başarılı bir performansa sahip olması oldukça önemlidir (Özer, Sarı ve Başakın, 2018, s. 100).

Bireysel ve kurumsal yatırımcıların finansal tahmin yaparak doğru yatırım kararını verebilmelerinde yatırım araçlarının fiyat hareketlerinin sürekli olarak takip edilmesi büyük önem taşımaktadır. Fiyat değişimlerinin izlenmesinde özellikle hisse senedi fiyatları ve borsa endekslerinin takip edilmesi yatırımcıların doğru yatırım yapmaları ve zarar etmemeleri için önemli bir faktördür (Sarı ve Ilgın, 2022, s. 351). Finansal zaman serileri kullanılarak en fazla tahmin uygulaması gerçekleştirilen alanların

başında borsa endeksleri gelmektedir. Borsa endekslerinin birçok mikro ve makro faktörden etkilendiği bilinmektedir. Bu faktörler; genel ekonomi, siyasi yapı, sanayi, iklim ile tercih ve beklentiler gibidir (Pabuçcu, 2019, s. 180). Borsa endeks tahmini üzerine gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde endeks tahminin yatırımcıların ve araştırmacıların önemle üzerinde durdukları bir konu olduğu görülmüştür. 1990'lı yıllara kadar borsa endeks tahmin çalışmaları genel olarak temel ve teknik analizler ile gerçekleştirilmiştir. 1990'lardan sonra ise çalışmalar ekonometrik ve istatistiki analiz yöntemlerine evrilmiştir. 2000'li yıllar ve devamında ise uygulamalar Makine Öğrenme Yöntemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Makine Öğrenme Tekniklerinden önde gelen yöntemlerden birisi de YSA'dır (Erdal ve Korucuk, 2023, s. 388). YSA, biyolojik nöronlar tarafından değişik türde bilgilerin biriktirildiği birimlerden sinyaller aracılığıyla oluşturdukları ağ mekanizmasında yeni bilgileri sınıflandırma, gruplandırma, ayırma ve yeniden üretme biçiminde tepkiler oluşturulması işlemidir. YSA aracılığıyla biyolojik sinir ağlarının kavrama, anlamlandırma ve öğrenme gibi özellikleri matematik temelinde model haline getirilebilmektedir. Bu sayede herhangi bir veri setinin sahip olduğu değişkenlere ait ilişkiler, fonksiyonlar ve algoritmalar kullanılarak genel bir ağ sistemi biçiminde belirtilebilmektedir. YSA gerçekleştirebildiği bu işlemlerden dolayı, yapay zekâ içerisinde değerlendirilen yöntemler arasında gösterilebilmektedir. Bu yönüyle YSA, yapay zekanın sosyal bilimler alanındaki bir uygulaması şeklinde ifade edilebilmektedir (Karakul, 2020, s. 500).

Çalışmada BIST 100 endeksi tahmini yapılmıştır. BIST 100 endeksi, Borsa İstanbul hisse senedi piyasasında temel endeks görevindedir. Endeks, Yıldız Pazar ve Ana Pazar'da işlem gören işletmelerle, Kolektif Yatırım Ürünleri ve Yapılandırılmış Ürünler Pazarı'nda işlem gören gayrimenkul yatırım ortaklıkları ve girişim sermayesi yatırım ortaklıkları arasından seçilen 100 paydan meydana gelmektedir. Ayrıca BIST 30 ve BIST 50 endeksleri içerisindeki hisseler de BIST 100 endeksi kapsamındadır (BIST, 2018). BIST 100 endeksi Türkiye'de faaliyet gösteren başlıca önemli sektörlerin temsilcisi niteliğindedir. Buradan hareketle endeks ülke ekonomisi için temel bir gösterge niteliğindedir. Endekste işlem gören payların işlem hacimleri oldukça yüksektir. Bu doğrultuda endeks, güvenilir ve yüksek takip edilme oranına sahiptir. Yatırımcılar, portföy yöneticileri ve araştırmacılar tarafından referans endeks ve performans ölçütü olarak kabul edilmektedir (DenizBank, 2025). Yapılan açıklamalar doğrultusunda çalışmada BIST 100 endeksinin tahmin edilmesi uygun görülmüştür.

Çalışmada BIST 100 endeksinin tahmin edilmesi için YSA yöntemi kullanılmıştır. YSA, tahmin çalışmalarında araştırmacılar ve uygulayıcılar açısından birçok alternatif araç sunabilen önemli bir tahmin yöntemidir. Yöntemin tahmin çalışmalarında tercih edilebilirliğini artıran ve diğer tahmin uygulamalarına göre üstün olmasını sağlayan birtakım özellikleri bulunmaktadır. Bu özelliklerden ilki YSA, diğer geleneksel modellere karşın veri odaklı kendiliğinden uyum sağlayabilen bir yapıdadır. Bu özelliği sayesinde araştırılan probleme ve ilişkilere dair herhangi bir varsayım ya da bilgi olmamasına karşın, örneklerden öğrenebilme yeteneğine sahip olmasından dolayı veriler arasında fonksiyonel ilişkiler oluşturabilmektedir. Bu doğrultuda YSA, uygun sayıda verinin bulunduğu ve çözümlerin gösterilmesi zor olduğu sorunlar için uygulanması oldukça elverişli olan yöntemdir. İkinci özellik olarak YSA, kendisine bildirilen verileri öğrenerek ve bir genelleme yaparak, popülasyonun görünmeyen alanını doğru bir biçimde oluşturabilmektedir. Üçüncü özelliği ise yöntemin evrensel fonksiyonel bir yaklaşım içermesinden dolayı bir ağ yapısının herhangi bir devamlı fonksiyonunu, arzu edilen herhangi bir duyarlılığa yaklaştırabilmesidir. Bir diğer özelliği ise yöntemin doğrusal olmaması nedeniyle, doğrusal olmayan durumlar için kolaylıkla uygulanabilir oluşudur (Sarı ve Ilgın, 2022, s. 356; Zhang, Patuwo ve Hu, 1998, s. 35). Bahsi geçen açıklamalar üzerine çalışmada YSA yönteminin kullanılması tercih edilmiştir.

Çalışma, 02.01.2014 ile 23.12.2024 arasındaki 3212 iş gününe ait veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ülkemiz literatürü araştırıldığında YSA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Özellikle seçilen çalışma dönemi aralığında gerçekleştirilen çalışmalar oldukça az sayıdadır. Bu durum çalışmanın özgün yanını oluşturmaktadır. Yine ülkemiz literatürü incelendiğinde BIST 100 endeks tahmini üzerine gerçekleştirilen çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Geçmiş tarihlerde yapılarak literatürde yerini alan çalışmalardan farklı olarak periyot ve çalışmada kullanılan değişkenlerin birlikte kullanılması, çalışmanın endeksi, konusu, kullanılan yöntem ve elde edilen sonuçlar çerçevesinde çalışmanın finans literatürüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bahsedilenler doğrultusunda çalışmanın amacı, çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmalı YSA yöntemi kullanılarak 02.01.2014 ile 23.12.2024 arasındaki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası ve diğer borsa internet sitelerinden elde edilen veriler üzerinden BIST 100 endeksinin tahmin edilmesidir. Belirtilen amaç üzerine gerçekleştirilen bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, çalışma hakkında genel açıklamaların yapıldığı ve teorik bilgilerin verildiği giriş bölümüdür. İkinci bölüm, çalışmayla ilgili uluslararası ve ulusal çalışmaların derlendiği literatür araştırmasıdır. Üçüncü bölüm,

çalışmanın amacı, kapsamı, verisi ve kullanılan yönteme ilişkin bilgilendirmelerin yapıldığı, analiz çalışması ve bulgularla ilgili gerekli bilgilerin verildiği yöntem bölümüdür. Dördüncü bölüm ise sonuçlar ve öneriler bölümüdür.

Literatür taraması

Bu kısımda, borsa endeks tahmini, YSA ve diğer tahmin yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen uluslararası ve ulusal literatürde yer alan çalışmalara değinilmiştir.

Tablo 1: Borsa Endeks Tahmini ve YSA Üzerine Literatür Taraması

Yazar/Yazarlar	Analiz Yeri ve Dönemi	Yöntem	Sonuç
Majumder ve Hussian (2007)	S&P CNX Nifty 50 Endeksi/2000-2009	Çok Katmanlı YSA	Endeks tahmininde doğruluk açısından ağır %89,65 performans gösterdiği belirlenmiştir.
Kutlu ve Badur (2009)	İMKB Endeksi/2001-2006	İleri Beslemeli YSA	Endeks değerinin ileri beslemeli YSA ile başarıyla tahmin edilebileceği açıklanmıştır. Çalışmada doğruluk oranlarının ANN %55,1 ve HO kuralı %50,4 olduğu görülmüştür.
Bello ve Chiroma (2011)	Nijerya Borsa Fiyat Endeksi/2005-2008	İleri Beslemeli YSA	YSA ile başarılı tahminler yapılabildiği raporlanmıştır. Çalışma sonucunda MSE, NMSE, MAE ve R^2 değerleri; 3,59, 0,04, 1,34 ve 0,98 olduğu anlaşılmıştır.
Idowu, Osakwe, Kayode ve Adagunodo (2012)	Nijerya Borsası Piyasa Endeksi/2003-2006	Çok Katmanlı İleri Beslemeli YSA	YSA'nın gelecekteki piyasa fiyatı tahmini için kullanılabileceği açıklanmıştır. Çalışma ile modelin ortalama hatalar karesinin 0,9365 (First Bank hissesi), 0,9446 (Union Hissesi), 0,8846 (Zenith Hissesi) ve 0,9500 (GT Hissesi) olduğu belirlenmiştir.
Neenwi, Asagba ve Kabari (2013)	Nijerya Hisse Senedi Piyasası/Ocak 2010, 30 Günlük Veri	Geri Yayımlı İleri Beslemeli YSA	Özel bilgiler kullanarak Nijerya hisse senedi piyasasından sürekli olarak iyi getiri elde edilebileceği ifade edilmiştir. Çalışmada kullanılan YSA tahmin başarıları; Access Bank Plc: %50, First Bank Plc: %83,3 ve UBA Plc: %83,3 biçimindedir.
Yakut vd. (2014)	BIST Endeksi/2005-2012	İleri Beslemeli YSA ve Destek Vektör Makineleri (DVM)	YSA ve DVM yöntemleriyle endeks tahmini yapılabileceği belirtilmiştir. Modellerin tamamı için YSA'nın DVM'ye göre %1,36 oranında daha yüksek performans gösterdiği anlaşılmıştır.
Fadlalla ve Amani (2014)	Katar Borsası Endeksi/2010-2012	Çok Katmanlı YSA	YSA'ların ARIMA'ya göre Katar Endeksini yüksek doğrulukla tahmin etmek için etkili bir modelleme tekniği olduğu gösterilmiştir. Çalışmada YSA'nın ARIMA MAE'yi 46.766'dan 44.680'e (%4,5 azalma) ve ARIMA RMSE'yi 67.241'den 51.658'e düşürdüğü (%23,2 azalma) görülmüştür.
Grigoryan (2015)	Nasdaq OMX Baltık Borsası/2012-2014	YSA NARX Modeli	Modelin endeks tahmininde başarılı olduğu ifade edilmiştir. Çalışmadan elde edilen MSE değerleri; MSE150 0,001 ve MSE200 0,003 olarak belirlenmiştir.
Moghaddam, Moghaddam ve Esfandyari (2016)	Nasdaq Borsası/28.01.2015-18.06.2015	İleri Beslemeli YSA	Tahmin yönteminin Nasdaq borsa endeksinde başarılı olarak kullanılabileceği açıklanmıştır. Çalışmaya göre son dört iş günü R^2 değerinin 0,94 ve son dokuz iş günü R^2 değerinin 0,96 doğrulama değerine sahip olduğu anlaşılmıştır.
Sagir ve Sathasivam (2017)	Malayzya Menkul Kıymetler Borsası Endeksi/Nisan 2015-Haziran 2015	Çok Katmanlı YSA ve Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi	Endeks tahmininde çok katmanlı YSA'nın MSE'si 0,07 ve R^2 'si 0,92 olarak hesaplanarak, çoklu doğrusal regresyon analizine göre daha başarılı sonuç elde edildiği görülmüştür.
Özer vd. (2018)	Shangai, Nifty 50, IPC-Meksika, BIST 100, Nasdaq, FTSE-100, DAX, CAC-40 Borsaları/2012-2016	Bulanık Mantık ve YSA	Çalışmada kullanılan yöntemlerin endeks tahmininde başarılı sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Çalışma modellerinden elde edilen verimlilik katsayısının %90'ın üzerinde olduğu belirlenmiştir.
Alotaibi, Nazir, Alroobaea, Alotibi, Alsubei, Alghamdi ve Alsulimani (2018)	Suudi Menkul Kıymetler Borsası (TADAWUL)/2003-2015	Geri Beslemeli YSA	Geri Beslemeli YSA yönteminin TADAWUL borsası tahmininde başarılı olduğu gösterilmiştir. Çalışma sonucunda en iyi eğitim fonksiyonun %84 doğrulukla ve %177 kar oranıyla Trainbr olduğu anlaşılmıştır.
Selvamuthu (2019)	Hint Borsası-Reliance Private Limited İşletmesi Hisseleri/30.11.2017-11.01.2018	Geri Beslemeli YSA	Tahmin için başvuru yöntemin yüksek oranda başarılı tahmin sonuçları gösterdiği raporlanmıştır. Çalışma sonucunda her üç algoritma da tick verileri kullanılarak %99,9 doğruluk sağlandığı, 15 dakikalık veri kümesindeki doğrulukların ise LM, SCG ve Bayes Düzenlemesi için sırasıyla %96,2, %97,0 ve %98,9'a düştüğü görülmüştür.

Kartal (2020)	BIST 100, S&P 500, DAX, NIKKEI 225 Endeksleri/2013-2019	DVM	Kullanılan modelin yükseliş yönlü tahminlerde yüksek başarılı, düşüş yönlü tahminlerde düşük başarılı olduğu belirtilmiştir. Çalışma modelinin %60,43 başarı ortalamasına sahip olduğu belirlenmiştir.
Manu, Kalra ve Subhika (2020)	Nifty 50 Endeksi/2013-2018	Geri Beslemeli YSA ve ARIMA	YSA yönteminin endeks tahmininde ARIMA'dan daha iyi performans gösterdiği açıklanmıştır. Çalışma sonucunda YSA kullanılarak elde edilen MAPE değerinin 0,98, ARIMA kullanılarak elde edilen MAPE değerinin ise %7 olduğu anlaşılmıştır.
Karakul (2020)	BIST 100 Endeksi/2010-2020	Geri Yayımlı Çok Katmanlı YSA	YSA'nın BIST 100 üzerinde başarıyla uygulanabileceği gösterilmiştir. Çalışmada kurulan modelin %7,91 performans gösterdiği görülmüştür.
Sarı ve Başakın (2020)	BIST GYO, TÜM ve Konut Fiyat Endeksleri/2010-2019	Ağaç Tabanlı Regresyon Modelleri	RF yönteminin %83, MARS yönteminin %79 ve CART yönteminin %65 tahmin başarıları gösterdiği belirlenmiştir.
Kantar (2020)	BIST 100/2009-2019	YSA ve ARMA	YSA R^2 değeri 0,99 ve MSE değeri 0,0013 olarak hesaplanarak, ARMA'ya göre daha yüksek bir performans gösterdiği görülmüştür.
Sarı ve Başakın (2021)	BIST Banka Getirisi, Risk İştahı ve VIX Korku Endeksleri/2009-2019	YSA, DVM ve Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi	Risk İştahı ve VIX Korku Endekslerinin hisse getirilerini doğru olarak tahmin edebildiği belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan ilk dokuz modelin VK'larının %58'den fazla olduğu ve başarı sağlandığı anlaşılmıştır.
Ghashami, Kamyar ve Riazı (2021)	Nasdaq-100 Endeksi/21.10.2020-17.03.2021	YSA ve Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması	Nasdaq-100 endeksinin tahmininde önerilen modelin YSA'ya daha başarılı olduğu açıklanmıştır. Çalışma sonucunda YSA R^2 değerinin 0,97, PSO-YSA R^2 değerinin 0,98 olduğu görülmüştür.
Sarı (2021)	BIST 100 Endeksi/2000-2021	Ağaç Tabanlı Regresyon Modelleri	MARS modelinin 0,732 ile en fazla NSE değerini ortaya koyduğu ve endeksin başarılı olarak tahmin edildiği belirlenmiştir.
Köse, Güllal ve Seçme (2021)	BIST Sürdürülebilirlik Endeksi/2014-2019	Zaman Gecikmeli YSA	YSA kullanılarak ulaşılan MAPE değerinin %6,07 olduğu ve bu nedenle YSA'nın sürdürülebilirlik endeksini tahmin etmede kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır.
Çetin ve Metlek (2021)	İslami Hisse Senedi Endeksi/2012-2020	Derin Öğrenme Yöntemleri-LTSM	MAE, RMSE, MAPE ve R^2 değerleri; %6, %8, %2 ve 0,994 olarak belirlenmiş olup bu doğrultuda LTSM'nin İslami hisse senedi endeksi tahmininde başarılı olduğu görülmüştür.
Sarı ve Ilgın (2022)	BIST 100 Endeksi ve BRICS Gösterge Endeksleri/2008-2019	İleri Beslemeli YSA	BIST 100 tahmini için oluşturulan modellerin Hindistan, Güney Afrika ve Rusya üzerinde başarılı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca en iyi model olan model1'in KOHK, VK ve R^2 değerleri; 0,00182, %93 ve %93 olduğu belirlenmiştir.
Sharma, Hota, Brown ve Handa (2022)	DOW 30 ve NASDAQ 100 Endeksleri/2017-2020	Genetik Algoritma ve Geri Yayımlı YSA	DOW30 ve NASDAQ100 endekslerinin tahmini için GA ve YSA hibrit modelinin doğru sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda tahmin başarısının DOW30 endeksi için %97,75 ve NASDAQ100 endeksi için %97,16 olarak hesaplandığı anlaşılmıştır.
Özarı ve Demirkale (2022)	BIST 30, BIST 50 ve BIST 100 Endeksleri/2008-2021	K-NN Algoritması	İncelenen endekslerin kur farklılıklarından etkilendikleri ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmadan elde edilen en yüksek tahminler k=7 için BB eğitim setinden ve BIST 30 dışında k=9 için gerçekleşmiştir.
Akbulut ve Adem (2023)	BIST 100 Endeksi/2017-2021	Derin Öğrenme ve Makine Öğrenmesi Yöntemleri	Çalışmada kullanılan LTSM modelinin makine öğrenmesi modellerine karşı daha başarılı olduğu açıklanmıştır. Çalışmada MAE, RMSE ve RAE değerleri; 10,27, 14,15 ve 6,06 olarak elde edilmiştir.
Villaruz, Gerardo ve Medina (2023)	Filipin Borsası Bileşik Endeksi/2018-2023	YSA Değiştirilmiş Firefly Algoritması	Çalışmanın minimum hata oranlarını göstererek yaklaşımın tahmin tekniklerini iyileştirme ve sürekli değişen borsa ortamında karar vermeyi geliştirmedeki etkinliğini doğruladığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda en iyi sonuçların alındığı modelin RMSE'si 81,1, MAE'si 62,1, MAPE'si 0,01 ve R^2 'si 0,95 olarak hesaplanmıştır.
Erdal ve Korucuk (2023)	BIST Sınai Endeksi/2001-2021	Evrişimsel Sınır Ağları ve Dalgacık Dönüşümü Yöntemleri	Evrişimsel sınır ağları yöntemi ile tahmin başarısının artırıldığı ifade edilmiştir. Çalışmada model 1 ve DDESA yöntemiyle %97,94'lük tahmin başarısına ulaşıldığı belirlenmiştir.
Özcan (2023)	BIST 100/2002-2022	Makine Öğrenme Yöntemleri	Gerçekleştirilen tahmin çalışmasında uzun, orta ve kısa dönemlerde Lojistik Regresyon analizi ve Lineer Diskriminant Analizinin en başarılı yöntemler olduğu anlaşılmıştır.

Çelik (2024)	BIST 100 Endeksi/1997-2023	Bellek Tabanlı LSTM ve GRU Makine Öğrenmesi Algoritması	Kullanılan LSTM ve GRU algoritmaların gerçek değerlere göre endeksi başarılı bir şekilde tahmin ettiği görülmüştür.
Diane ve Brijlal (2024)	JBIND ve JFIN Endeksleri/2017-2022	Rastgele Orman ve YSA	Rastgele Orman modeli her iki endeks içinde daha yüksek tahmin performansı göstermiştir. Model ile elde edilen MAPE değerleri 0,047 ve 0,042 olarak hesaplanarak yöntemin daha başarılı tahmin gücüne sahip olduğu anlaşılmıştır.
Chahuan-Jimenez (2024)	S&P500 Endeksi/2018-2023	LSTM, CNN, YSA, RNN ve GRU	Elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda GRU ve CNN modellerinin en iyi tahmin performansını gösterdiği görülmüştür.
Pande, Kumar ve Gupta (2024)	SP 500, Dow Jones Endüstri Ortalaması (DJIA), Nikkei Borsaya Duyarlı Endeks (SENSEX) ve Avustralya Menkul Kıymetler Borsası 300 (ASX)/2018-2023	Geri Yayımlı YSA ve Stokastik Modeller	Çalışma sonucunda LSTM modeli tarafından 10, 20 ve 30 günlük elde edilen RMSE, MAE ve MAPE sonuçlarının hem istatistiksel açıdan hem de karlı yatırımlar için kullanılabilir olduğu yorumlanmıştır.
Ballesteros ve Miranda (2025)	S&P500 Endeksi/2017-2021	Çok Katmanlı YSA	Çalışma sonucunda oluşturulan modelin %83,3 doğruluk performansı gösterdiği belirlenmiştir.

Uluslararası ve ulusal literatüre kazandırılmış olan, çalışmayla konu ya da yöntem açısından benzer olduğu düşünülen ve borsa endeks tahmini konusunda yapılan seçili çalışmalar Tablo 1'de sunulmuştur.

Borsa endeks tahmini üzerine, YSA ve farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen ve bu çalışmayla benzerliği olduğu düşünülen çalışmalar; Yakut, Elmas ve Yavuz (2014), Özer, Sarı ve Başakın (2018) ve Karakul (2020) tarafından yapılmıştır. Belirtilen çalışmalar tartışılarak çalışmada sunulmuştur.

Bu çalışmalardan Yakut, Elmas ve Yavuz (2014) çalışmalarında, 2005-2012 tarihlerine ait BIST endeks değerleri, Amerikan doları, gecelik faiz oranı, Japonya borsası, Brezilya borsası, İngiltere borsası, Fransa borsası ve Almanya borsası endeks değerleri üzerinden ileri beslemeli YSA ve DVM yöntemlerini kullanarak BIST endeksini tahmin etmeye çalışmışlardır. Özer, Sarı ve Başakın (2018) çalışmalarında, 2012-2016 tarihleri için Shanghai, Nifty 50, IPC-Meksika, BIST 100, Nasdaq, FTSE-100, DAX, CAC-40 borsaları endeks değerlerini dikkate alarak, bulanık mantık ve YSA yöntemleri aracılığıyla bir tahmin çalışması gerçekleştirmişlerdir. Karakul (2020) çalışmasında, 2010-2020 tarihleri arası BIST 100 endeks değerlerini, gecelik faiz oranlarını ve dolar kurunu veri olarak değerlendirerek ve geri yayımlı çok katmanlı YSA kullanarak bir tahmin uygulaması yapmıştır. Bu çalışmada ise 02.01.2014 ile 23.12.2024 arasındaki 3212 iş gününe ait BIST 100 endeks değerleri, Amerikan 10 yıllık tahvil faiz oranları, Brent Petrol vadeli işlem değerleri, MSCI gelişmekte olan piyasalar endeks değerleri, USD/TRY değerleri, VIX BOE Volatilite endeks değerleri, XAU/USD ons altın değerleri, enflasyon oranları, sanayi kapasite kullanım oranları ve REPO gecelik faiz oranları ile 12 dummy değişkeni veri olarak alınarak ve çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmali YSA yöntemi kullanılarak BIST 100 endeks tahmini yapılmıştır. Görüldüğü üzere bu çalışmada, belirtilen diğer çalışmalara göre daha güncel bir veri seti değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yine bu çalışmada bahsedilen diğer çalışmalara göre oldukça fazla değişkene yer verilmiştir. Bahsedilenler doğrultusunda bu çalışmanın açıklaması yapılan diğer çalışmalara karşın oldukça güncel bir zaman periyoduna ve daha zengin bir değişken setine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Yöntem

Bu kısımda araştırmanın amacı ve kapsamı, yöntemi, verisi, değişkenleri ile analizi ve bulguları sunulmuştur.

Araştırmanın amacı ve kapsamı

Çalışmanın amacı, seçili değişkenler doğrultusunda elde edilen veriler üzerinden gerekli uygulamalar yapılarak BIST 100 endeksinin tahmin edilmesidir. Çalışmada 2023-2024 dönemlerine ait öngörü analizi de gerçekleştirilmiştir. Bu amaç üzerine 02.01.2014 ile 23.12.2024 tarihleri arasındaki 3212 iş gününe ait Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası ve diğer borsa internet sitelerinden elde edilen veriler üzerinden çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmali YSA yöntemi kullanılarak tahmin çalışması yapılmıştır. Çalışmada kullanılan modelin sınırlılığı; yapay zekâ tekniklerinden, YSA yöntemi, çok katmanlı YSA modelidir. Çalışmanın sınırlılıkları ise BIST 100 Endeksi, çok katmanlı YSA modeli ve 02.01.2014 ile 23.12.2024 veri dönemidir.

Araştırmanın yöntemi

Çalışmada çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmali YSA yöntemi kullanılmıştır.

BIST 100 endeksinin tahmininde Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi

YSA farklı birçok biçimde tanımlanabilmektedir. Bu tanımlamalardan ilki, insan beyninin ve sinir sisteminin çalışma esasları ve bu doğrultuda ortaya çıkan öğrenme fonksiyonu temel alınarak, bu yapının bilgisayarlar aracılığıyla taklit edilmesi sonucunda benzer uygulamaları meydana getiren sistemler tanımıdır. Başka bir tanımlama ile YSA, kendi aralarında paralel biçimde çalışmakta olan, çok sayıda basit işlemden meydana gelen ve ağıın yapısı, bağlantı ağırlıkları ve nöronların işleyişi sonucunda ortaya çıkan sistemler olarak açıklanabilmektedir (Darpa, 1988, s. 60). YSA, yapay sinir hücrelerinin bağlantıları tarafından ortaya çıkarılan bilgi işleme elemanları olup insan beyninin ve sinir sisteminin işleyişinin matematiksel olarak modellenmesidir (Simpson, 1996, s. 1; Fausett, 1993, s. 3) Bahsedildiği üzere insan beyninin çalışma esasının bir benzeri olarak tasarlanan YSA, beyin hücrelerinin modellenmesi sonucunda sınıflandırma, öngörude bulunma ve optimizasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi amacıyla uygulanan bir yapay zekâ yöntemidir. Buradan hareketle genel bir tanımlama ile YSA, insan beyninin ve sinir sistemi yapısının bilgisayarlar aracılığıyla taklit edilmesi sonucunda öğrenme işlenmenin meydana getirilmesi ve öğrenilenlerin hafızada tutularak genellenmesi ile oluşturulan bilgisayar sistemleridir (Yakut, 2020, s. 40).

Taklitler sonucu oluşan tecrübelerden öğrenme yapısı üzerine oluşturulan yapay öğrenme, yapay zekâ uygulamaları için oldukça önemlidir. Yapay öğrenmenin gerçekleştirilebilmesi amacıyla, yapay sinir ağının verimini artırmak için bağlantı ağırlıklarına başvurulmuş YSA modelleri yeterince uygundur. Herhangi bir YSA, nöron olarak adlandırılan çok sayıda işlem biriminden meydana gelmektedir. Genel itibariyle nöronlar katman adı verilen mantıksal gruplar içerisinde bulunmaktadır (Kutlu ve Badur, 2009, s. 28). YSA'larda karşılaşılan en önemli sorun ise karmaşık yapıda bulunan problemlerin çözümünde çok sayıda katmana sahip olan ve çok sayıda nöron bulunduran YSA'lara gereksinim duyulmasıdır (Yakut vd. 2014, s. 141). YSA'ların oluşması için yapay sinir hücrelerinin birlikteliği gerekmektedir. Bu birliktelik rastlantı sonucu değil, hücrelerin girdi katmanı, ara katman ve çıktı katmanı biçiminde ve tüm katmanlar içinde paralel şekilde birleşilerek ağıın meydana getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bahsedilen katmanlar (Öztemel, 2003, s. 31):

- Girdi Katmanı: Hiçbir bilgi işleme faaliyetinin yapılmadığı bu katman, süreç elemanları tarafından dış evrenden bilgilerin elde edilerek ara katmanlara gönderildiği birimdir.
- Ara Katmanlar: Girdi katmanından elde edilen bilgilerin işlenmesi sonucu çıktı katmanına aktarılma transfer işleminin yapıldığı birimdir. Ağlar üzerinde çok sayıda katman bulunabilmektedir.
- Çıktı Katmanı: Ara katman tarafından ulaştırılan bilgilerin işlenerek ve gerekli olan çıktının oluşturularak dış evrene iletildiği birimdir.

Borsa endeks tahmini ve pay senedi fiyatı tahmin çalışmalarında geleneksel zaman serisi analizleri uygulandığında gerçekleşen tahmin başarısı belirli bir oranda sınırlı olmaktadır. Fakat YSA kullanılarak meydana getirilen tahmin uygulamalarında etkili sonuçlar elde edilmektedir. Finansal sistem içerisinde bulunan finansal değişkenlerin karmaşık ve lineer halde bulunmaması YSA çalışmalarının daha başarı sonuçlar üretmesini sağlamaktadır. Bilindiği üzere YSA dağınık halde bulunmayan ve bir şebeke mantığı biçiminde olan düğümlerin oluşturduğu lineer olmayan bir sistemdir. İşlem elemanı olarak isimlendirilen bu düğümlerin kendi sistematığında tek yönlü iletim bağlantıları bulunmaktadır. İşlem elemanlarına sınırsız sayıda giriş bağlantısı yapılabilirken, tek bir çıkış bağlantısı yapılması gereklidir. Matematiksel yapıda olan çıkışlar reel, sürekli veya iki tabanlı olabilmektedir (Özer vd. 2018, s. 111).

YSA'lar öğrenme şekilleri doğrultusunda danışmanlı, danışmansız ve takviyeli biçiminde sınıflandırılabilir. Sinir ağına girdi ve çıktı değerleri tanımlanarak ağıın bu değerler arasındaki bağlantı ağırlıkları öğrenmesi işlemi danışmanlı öğrenme olarak açıklanmaktadır. Ağa girdi değerleri tanımlanarak çıktı değerlerinin ağ tarafından belirlenmesine ise danışmansız öğrenme denilmektedir. Ağa girdilerin tanımlanarak doğru çıktılar alındığında bağlantı ağırlıklarının ödüllendirildiği, yanlış çıktılar alındığında ise cezalandırıldığı öğrenme biçimleri ise takviyeli öğrenme olarak ifade edilmektedir (Karakul, 2020, s. 502). YSA modelleri, temsil edilen ağıın sistematik yapısı dahilinde öğrenme işlemi için öğrenme stratejisinin standartlarına ve türüne göre örüntüleme, tahminleme, kümeleme ve sınıflandırma benzeri problemlerin ortadan kaldırılmasında kullanılabilmektedir (Yakut, 2020, s. 52). Bu doğrultuda YSA modelleri; ağıın yapısına, ağırlık matrislerinin simetriklik durumuna, ağ içi düğüm özelliklerine, ağıın ileri ve geri beslemeli oluşuna, eşik fonksiyonuna, ağırlık matris değerlerinin değişkenliğine ve eğitim kurallarına göre oluşmaktadır (Şen, 2004, s. 183). Belirtilen durumlara göre meydana getirilen YSA modelleri tek katmanlı, çok katmanlı, LVQ ağıları, Art ağıları, Hopfield ağı, Jordan ağı ve Elman ağı biçimindedir (Yakut, 2020, s. 53). Gerçekleştirilen çalışmada bahsedilen ağ modelleri içerisinde çok katmanlı YSA'lar kullanılmıştır. Bu nedenle çalışmanın yöntem kısmında çok katmanlı YSA'lar detaylı bir şekilde tanıtılmıştır.

Çok katmanlı algılayıcılar olarak da anlaşılan bu modeller, girdi ve çıktı katmanları içerisinde bir ya da daha çok gizli katmanın bulunduğu ve bu katmanlardaki nöronların girdi ve çıktı katmanındaki nöronlarla direkt ilişkili olduğu YSA modelleri olarak tarif edilmektedir (Lippmann, 1987, s. 15). Çok katmanlı YSA modellerinin, ADALINE olarak bilinen modelin yeterli olmadığı, girdilerin ve çıktıların doğrusal yapıda bulunmadığı problemlerin çözülebilmesi amacıyla geliştirilmiş olduğu belirtilmektedir (Küçükönder, 2011, s. 66). Belirtilen modeller içerisinde geri yayılım algoritması barındırması nedeniyle geri yayılım ağırları biçiminde de ifade edilmektedir (Hamzaçebi, 2011, s. 43).

Geri yayılım algoritması ya da ağırları, içerisinde gizli katman bulunduran, karmaşık yapıdaki problemlerin çözülmesinde güçlü bir öğrenme algoritmasına sahip olan YSA modelidir. Algoritmanın iki çalışma sistemi bulunmaktadır. Bunlar; ileriye doğru hesaplama aşaması ve geriye doğru hesaplama aşamasıdır (Şen, 2004, s. 110).

İleriye doğru hesaplama aşamasında, gizli katman ile çıktı katmanındaki süreç elemanlarının tamamının çıkış değerlerinin elde edilmesi için *NET* girdi değerlerinin oluşturularak aktivasyon fonksiyondan geçirilmiş olması gerekmektedir. Aktivasyon fonksiyonu aracılığıyla oluşturulan çıktı değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Nabiyev, 2005, s. 572).

$$NET_j = \sum_{k=1} X_k A_{kj} \quad (1)$$

$$Çıktı\ değeri_j = \frac{1}{1+e^{-(NET_j+\beta_j)}} \quad (2)$$

- X_k : Girdi katmanındaki süreç elemanın girdi değeri,
- A_{kj} : Gizli katman ve girdi katman arasındaki bağlantı ağırlık değeri,
- β_j : Gizli katmandaki eşik değer elemanı.

Geriye doğru hesaplama aşaması ise YSA'nın öğrenme sürecinde hataların geriye doğru yayılım göstermesi amacıyla aktivasyon fonksiyonunun türevinin hesaplanabilir bir durumda bulunması ve bu sebeple meydana gelen hatanın ağırlık değerlerine yayılıp sonraki tekrarlamalarda hatanın düşürülmesi işlemidir (Elmas, 2010, s. 106).

Daha önce de bahsedildiği üzere YSA'da ağırlık eğitilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda YSA'da öğrenme işlemi, girdi ve çıktılar arasındaki bağın ya da ilişkinin ağırlıkların değiştirilmesi sonucunda meydana gelmektedir. Ağırlık katsayılarının bütününe veya bir kısmında ulaşılmak istenen çıktı ve ağ çıktısı arasındaki fark istenilen değere indirilene kadar sigmoid transfer fonksiyonu aracılığıyla bahsedilen değişme tekrarlanmaktadır. Ağırlık eğitilmesi süresince ulaşılan çıktı ile beklenen çıktı arasındaki fark belirli bir değerin altına ininceye kadar denetimli öğrenmede farklılaştırma yapılmaktadır (Sarı ve Başakın, 2021, s. 154). Çalışmada etik kurul izin belgesine gerek bulunmamaktadır.

Araştırmanın analizi ve bulguları

Bu kısımda çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmali YSA kullanılarak BIST 100 endeks tahmini yapılmıştır.

Borsa endeksi tahmin modeli

Çalışma uygulamasında çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmali YSA kullanılarak BIST 100 endeks tahmini gerçekleştirilmiştir. Çalışmada borsa endeksi tahmini yapılırken analiz yöntemi açısından YSA analiz yönteminin tercih edilmesinin nedeni bu yöntemin Makine Öğrenme Tekniklerinden biri olarak öğrenme yapabilmesi, varsayımının olmaması ve diğer Makine Öğrenme Tekniklerine göre başarılı olması gibi nedenlerle seçilmiş olmasıdır.

Modellerde kullanılacak değişkenler aşağıdaki gibidir:

Y: BIST 100 endeks değeri kapanış fiyatı (BIST100), (Bağımlı Değişken)

X₁: Amerikan 10 yıllık tahvil faiz oranı (TFO),

X₂: Brent Petrol vadeli işlem değeri (BRN),

X₃: MSCI gelişmekte olan piyasalar endeks değerleri (MSCI),

X₄: USD/TRY değeri (\$),

X₅: VIX BOE Volatilite endeks değeri (VIX),

X₆: XAU/USD ons altın değeri (XAU/\$),

X₇: Enflasyon oranı (TÜFE),

X₈: Sanayi kapasite kullanım oranı (KKO),

X₉: REPO gecelik faizi oranı (REPO),

D1: Pandemi dönemi dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2020;2021) dönemi için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_pandemi).

D2: Pandemi sonrası dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2022;2023;2024) dönemi için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_sonrası).

D3: Kur şoku dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2018; 2021) yılı için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_kursoku).

D4: Enflasyon krizi dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2022;2023) yılı için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_enflasyon_krizi).

D5: Seçim dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2015;2018;2023) yılı için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_seçim).

D6: Faiz zirvesi dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2024) yılı için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_faiz).

D7: Politika değişimi dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2023;2024) dönemi için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_politika).

D8: TCMB sürpriz dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2021;2023) dönemi için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_TCMB_supriz).

D9: Normalleşme dummy 1 ya da 0 olarak kullanılmış olup, (2024) dönemi için 1 diğer yıllar 0 olarak kullanılmıştır (D_normalleşme).

Df_10: Faiz x normalleşme etkileşim etkisi (2024) dönemi için hesaplanırken diğerler yıllar 0 olarak kullanılmıştır (df_faiz*normalleşme).

Df_11: MSCI*kriz etkileşim etkisi (df_MSCI*kriz)

Df_12: USD*kur şoku etkileşim etkisi (df_\$*kur_şoku).

Borsa endeks tahmini üzerine, YSA ve farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen ve bu çalışmayla benzerliği olduğu düşünülen çalışmalar incelendiğinde Yakut, Elmas ve Yavuz (2014), Özer, Sarı ve Başakın (2018) ve Karakul (2020) tarafından kullanılan değişkenlere ilaveten belirtilen dummy değişkenler eklenip, çok sayıda model denemesi gerçekleştirilerek araştırmanın uygulaması sonucu kurulan modeller arasından istatistiki performans kriterlerine göre en iyi olduğu belirlenen dört modelde kullanılan değişken isimleri aşağıda verilmiştir.

Model 1: Tüm bağımsız değişkenler ve tüm dummy değişkenler,

Model 2: Tüm bağımsız değişkenler,

Model 3: Tüm bağımsız değişkenler, D_pandemi, D_sonrası,

Model 4: Tüm bağımsız değişkenler, D_pandemi, D_sonrası, df_faiz*normalleşme, df_MSCI*kriz, df_\$*kur_şoku.

Veri kümesi

Araştırmanın veri kümesini BIST ile TCMB'nin internet sitelerinden 02.01.2014 ile 23.12.2024 tarihleri arasındaki 3212 işgününe ait veriler oluşturmaktadır. Bu kapsamda 02.01.2014 ile 30.12.2022 dönemine ait verilerle çalışmanın modelleri kurulmuş, oluşturulan bu modellerle 03.01.2023 ile 23.12.2024 dönemine ait ileriye yönelik BIST endeksinin öngörü değerleri hesaplanmaya çalışılmıştır.

Çalışmada uygulanacak modellerin seçiminde yukarıda bahsedilen değişkenlerle birlikte 2014-2022 dönemine ait verilerin %80'lik kısmıyla eğitim ve %20'lik kısmıyla test aşaması oluşturularak çok sayıda model denemesi gerçekleştirilmiş, bunlar arasından istatistiki performans ölçütü en iyi olan dört model belirlenerek oluşturulacak bu modellerle 2023-2024 döneminin hiç gösterilmeyen değişkenlerin verileriyle öngörüsü (forecasting) analiz edilmiştir. YSA analizinin uygulanmasında MATLAB R2014a yazılımı kullanılmıştır.

YSA ağ parametreleri

BIST endeksi tahmin modellerini oluşturmak amacıyla Makine Öğrenme Tekniklerinden olan çok katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı YSA analizi kullanılmıştır. YSA'nın mimari yapısında tek gizli katman ve bu katmanda 9 nöron kullanılmış ve en iyi sonuç değerlerine ulaşılmıştır. Bu doğrultuda YSA mimarisinde kullanılan ağ parametreleri şu şekildedir.

Tablo 2: YSA Ağ Parametreleri

Ağın Türü	Çok katmanlı YSA
Öğrenme Algoritması	Levenberg-Marquardt
Öğrenme Kuralı	Momentum
Giriş katmanındaki düğüm sayısı	21-9-11-14
Gizli katman sayısı	1
Gizli katmandaki nöron sayısı	9
Çıkış katmanındaki nöron sayısı	1
Öğrenme oranı	0.01
Devir sayısı	12
Gizli katman için transfer fonksiyonu	TrainLm
Çıktı katman için transfer fonksiyonu	Purelin

Araştırmanın BIST endeksi tahmin modeli analizinde çok katmanlı YSA uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tablo 2'de görüldüğü üzere YSA ağının parametrelerinin belirlenmesinde çok sayıda model denemesi oluşturularak her bir modelin eğitim ve test veri kümesine ait istatistiki performans ölçüt değerleri karşılaştırılmıştır. Bu doğrultuda kurulan YSA modeli analizlerinde öğrenme algoritması, giriş katmanındaki düğüm sayısı, gizli katman sayısı, gizli katmandaki nöron sayısı, çıkış katmanındaki nöron sayısı, öğrenme oranı, devir sayısı, gizli katman ve çıktı katmandaki transfer fonksiyonları gibi ağ parametrelerinin çeşitli kombinasyonları deneme yapılarak eğitim ve test veri kümesi üzerinde en iyi performans gösteren ağ yapısı belirlenmiş, yukarıda gösterildiği üzere MATLAB yazılımının YSA uygulama analizinin arayüzüne ilgili parametreler kaydedilerek analiz aşaması gerçekleştirilmiştir.

Matlab 2014a yazılımı aracılığıyla kurulan modellerin ilki 9 bağımsız değişken ve 12 dummy değişken olmak üzere girdi katmanında 21 nöronun yer aldığı Model 1 ve 9 bağımsız değişken 2 dummy değişken ile 3 etkileşim değişkeniyle birlikte girdi katmanında 14 nöronun bulunduğu Model 4'ün eğitim aşaması gerçekleştirilmiştir.

Model sonuçları

YSA'da ağın eğitilmesinden sonra tahmin modelleri başarı kriterleri ya da performans ölçütleri ortaya konulmalıdır. Bahsi geçen performans ölçütlerinin belirlenmesi için literatürde birçok başarı ölçütü bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan modellerin başarısını ölçmek amacıyla R^2 , MSE, RMSPE ve MAPE performans ölçütleri kullanılmıştır. Belirtilen performans ölçütleri Tablo 3'te gösterilmiştir (Hatipoğlu, Boran, Özcan ve Fırlı, 2013: 66). Formüller de gösterilen; y_t gerçek gözlem değerlerini, $\hat{y}_t$ tahmin edilen değerleri ve $\bar{y}$ gerçek değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

Tablo 3: YSA Performans Ölçütleri ve Formülleri

$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum (y_t - \bar{y})^2}$	Belirlilik Katsayısı
$MSE = \frac{1}{T} \sum (y_t - \hat{y}_t)^2$	Hataların Kareli Ortalaması
$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum \left[\frac{(y_t - \hat{y}_t)^2}{y_t} \right]}$	Ortalama Yüzde Hata Kareleri Kökü
$MAPE = \frac{1}{T} \sum \left \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t} \right $	Ortalama Mutlak Yüzde Hata

Tablo 4: Borsa Endeksi Tahmin Modellerinin İstatistiki Performans Ölçüt Değerleri

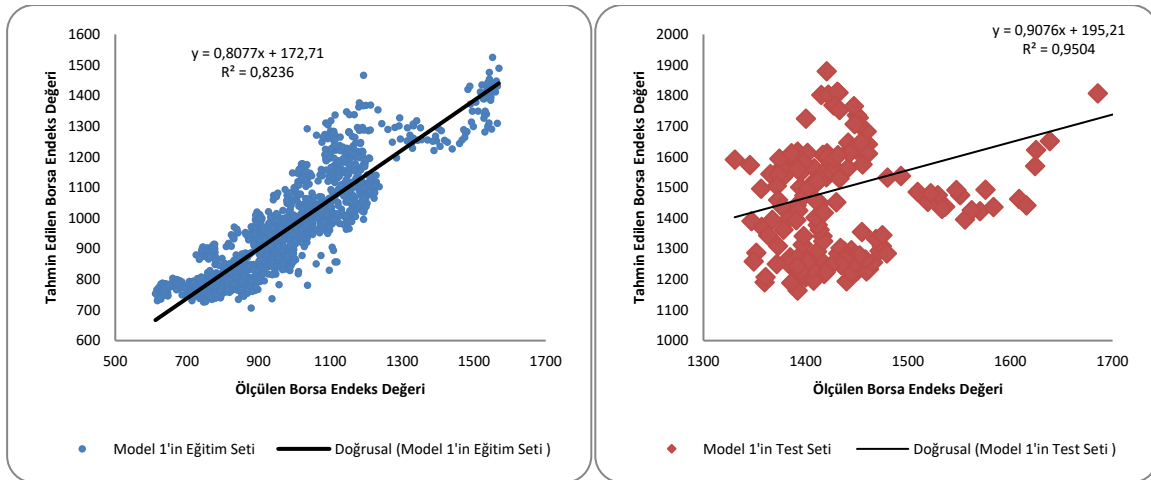
2014-2022 Dönemine ait Eğitim Modeli				
	R ²	MSE*10 ⁶	RMSPE	MAPE
Model 1	0,824	0,065	0,027	0,163
Model 2	0,668	1,888	0,558	0,327
Model 3	0,770	0,030	0,056	0,072
Model 4	0,805	0,025	0,053	0,066
2014-2022 Dönemine ait Test Modeli				
	R ²	MSE*10 ⁶	RMSPE	MAPE
Model 1	0,950	0,054	0,102	0,083
Model 2	0,651	4,425	1,054	0,919
Model 3	0,950	0,052	0,106	0,087
Model 4	0,949	0,054	0,102	0,083

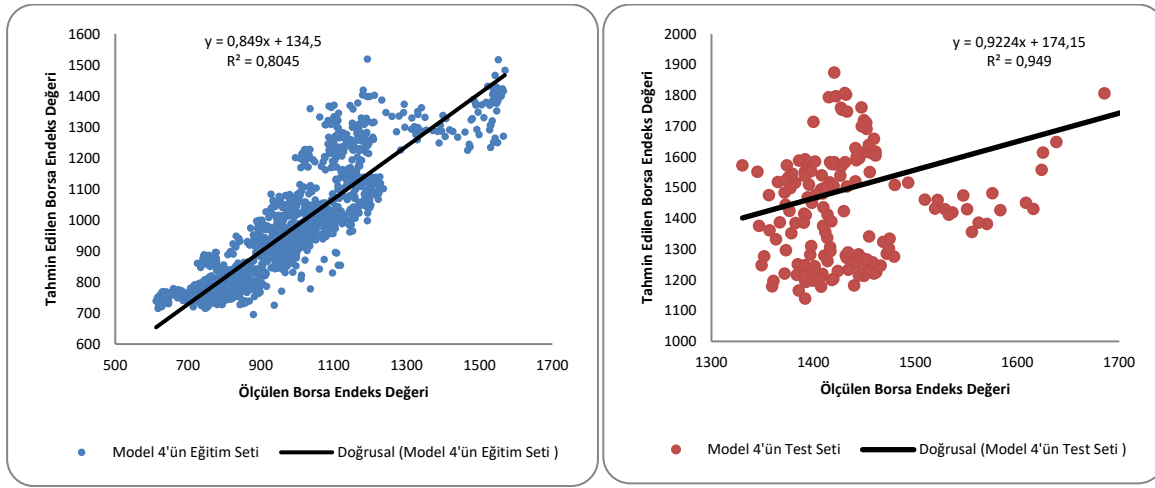
Tablo 4'te Borsa endeksi tahminlemede YSA analizi uygulamasıyla çok sayıda model denemesi gerçekleştirilerek bunlar arasından istatistiki performans kriterlerine göre eğitim ve test modelinde en iyi performans gösteren ilk dört modelin sonuç değerlerine yer verilmiştir. YSA analizinde kullanılan 2014-2022 dönemine ait toplam 2238 verinin %80'lik kısmına karşılık gelen 1790 veri ile eğitim kümesi ve geri kalan %20'lik kısmına karşılık gelen 448 veri ile test kümesi oluşturularak kurulan modellerin istatistiki performans ölçüt değerleri elde edilmiştir.

Borsa endeksi tahminleme modellerinin kıyaslanmasında belirlilik katsayısı, hata kareler ortalaması, ortalama yüzde hata kareleri kökü ile ortalama mutlak yüzde hata değeri ölçüt kriterlerinin 2014-2022 dönemine ait sonuç değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Bu kapsamda çok sayıdaki model denemesi arasından en iyi performans gösteren ilk dört modelin YSA analizi uygulayarak hesaplanan R² değerleri eğitim kümesinde 0,668 ile 0,824 arasında, test kümesinde 0,651 ile 0,950 arasında değiştiği gözlenmiştir.

Tahminleme modellerinin performanslarını karşılaştırmada en çok kullanılan bir diğer performans ölçüt kriterleri olan MAPE ve RSMPE değerleri incelendiğinde; MAPE değerlerinin eğitim kümesinde %6,6 ile %32,7 arasında, test kümesinde %8,3 ile %91,9 arasında; RSMPE değerlerinin eğitim kümesinde %2,7 ile %55,8, test kümesinde %10,2 ile %105,4 arasında farklılık gösterdiği anlaşılmıştır. Bununla birlikte modellerin MSE (10⁶) değerleri incelendiğinde; eğitim kümesinde 0,025 ile 1,888 arasında, test kümesinde 0,052 ile 0,054 arasında değerler aldığı ortaya çıkmıştır.

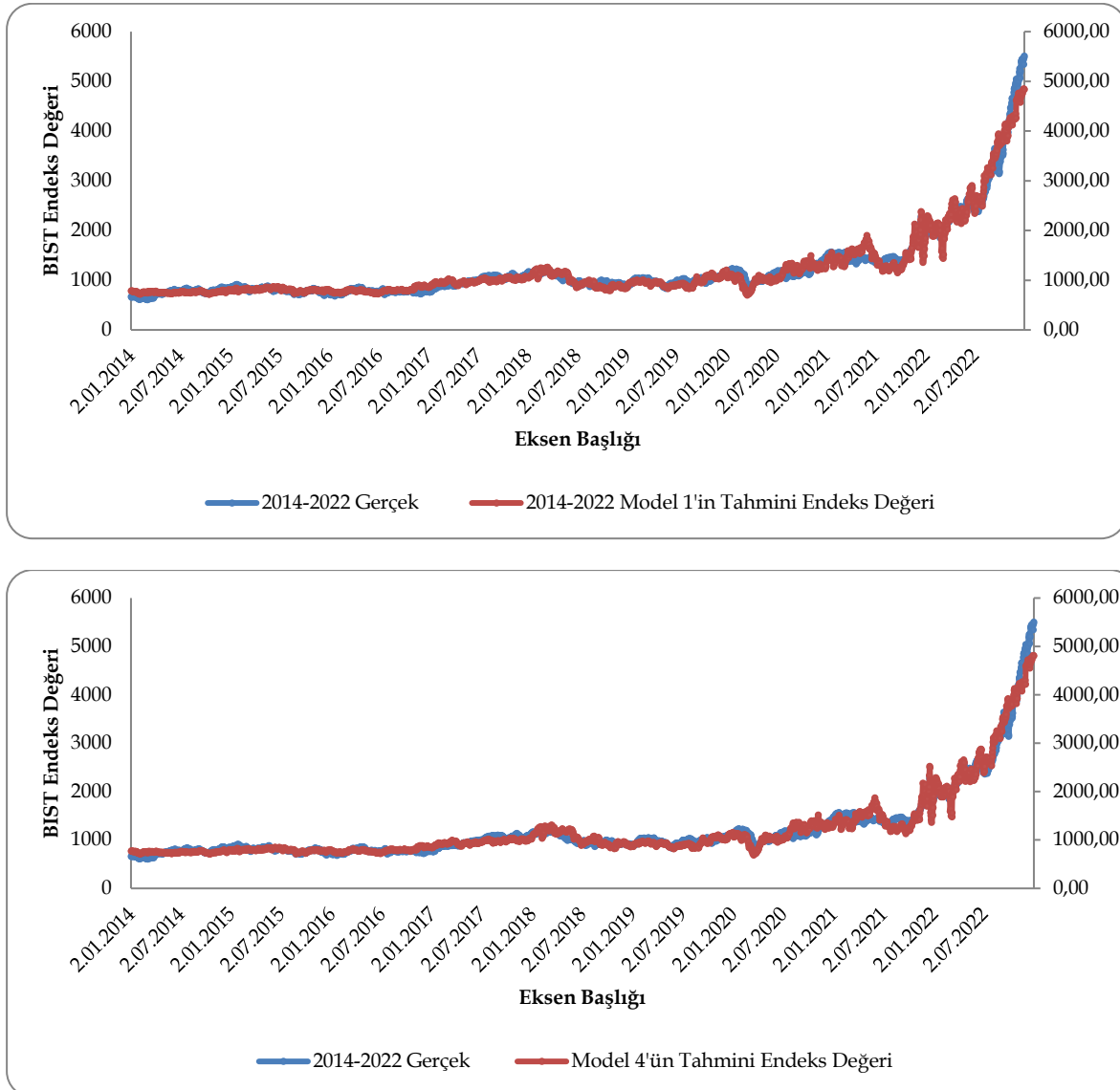
Modellerin tahmin başarısına yönelik istatistiki performans ölçütlerine göre kıyaslama yapılırken, Lewis'in (2002) belirttiği üzere MAPE değerlerine yönelik %10'luk değerin altındaki modellerin çok iyi olduğu, %20'lik değerin altındaki modellerin iyi olduğu, %50'lik değerin altındaki modellerin kabul edilebilir düzeyde olduğu ve %50'nin üzerindeki değerlerin modellerin yanlış olabileceği şeklinde kategorilere ayrılmıştır. Buradan hareketle modellerin YSA analiziyle eğitim ve test kümesinin MAPE değerleri incelendiğinde; Model 1, Model 3 ile Model 4'ün ilgili performans kriterine göre ölçüt değerleri %10 altında gerçekleştiğinden bu modellerin borsa endeksi tahminleme başarısında çok iyi modeller olduğu açıklanabilir.





Şekil 1: Model 1 ile Model 4'ün Eğitim ve Test Kümesinin YSA Tahmini-BIST Endeksi Değerleri

Şekil 1’de YSA analiziyle Borsa endeksi tahminlemesinde en iyi iki modelin endeks tahmin değerleri ile gerçek verilere ait değerlerin karşılaştırmalı grafikleri verilmiştir. Böylece bu grafiklerden görüldüğü üzere, kullanılan modellerin eğitim ve test kümesinin tahmin başarılarının iyi oldukları ve BIST endeksi tahminlemesinde güvenle kullanılabileceğini anlaşılmaktadır.



Şekil 2: Model 1 ve Model 4'ün Gerçek Değerleri ile YSA Tahmini Endeks Değerleri

Makine Öğrenme Tekniklerinden olan YSA analiziyle elde edilen Model 1 ve Model 4'ün 2014-2022 dönemine ait BIST endeksi tahmin değerleri ile gerçek değerleri arasındaki karşılaştırmalı zaman serisi çizgi grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'de mavi renkli olan çizgiler gerçek BIST endeks değerlerini, kırmızı çizgiler Model 1 ile Model 4'ün YSA analiziyle elde edilen tahmini BIST endeks değerlerini göstermektedir. Grafikler incelendiğinde YSA'dan elde edilen BIST endeks tahmin değerlerinin ölçülen değerlerle benzer oldukları, Model 1 ile Model 4'ün tahmin değerleri karşılaştırıldığında birbirlerine oldukça benzer oldukları ve Model 1'in çok az bir farkla Model 4'ten daha iyi olduğu söylenebilir.

Modellerin 2023-2024 öngörü analizi

Modeller arası karşılaştırma yapabilmek amacıyla bir sonraki aşamada daha önce hiç gösterilmeyen 2023-2024 dönemine ait veriler modellere gösterilerek YSA analizi uygulamasıyla modellerin öngörü sonuçları hesaplanmıştır. Bu kapsamda eğitim ve test kümesi olarak BIST endeksi tahmin başarısı hesaplanan en iyi dört modele 03.01.2023 ile 23.12.2024 dönemine ait veriler gösterilerek öngörü değerleri elde edilmiştir.

Tablo 5: Borsa Endeksi Tahmin Modellerinin Öngörü Değerlerinin İstatistiki Performans Sonuçları

2023-2024 Dönemine ait Modellerin Öngörü Değerleri				
	R ²	MSE*10 ⁶	RMSPE	MAPE
Model 1	0,619	10,021	0,336	0,298
Model 2	0,587	10,033	0,336	0,297
Model 3	0,604	10,089	0,337	0,298
Model 4	0,632	10,075	0,337	0,298

Tablo 5'te Borsa Endeksi tahmin modellerinin 2023-2024 dönemine ait öngörü değerlerinin istatistiki performans sonuçlarına yer verilmiştir. Kurulan modeller arasında ilgili dönemin öngörü performans sonuçları değerlendirildiğinde; Model 2 haricinde diğer üç modelin R² değerinin %60'ın üzerinde bir açıklama başarısı gösterdiği, Model 4'ün diğer üç modele kıyasla seçili dönemde daha başarılı olduğu, bu modelin R² değerinin %63,2'lik açıklama gücüyle BIST endeksi değeri öngörü başarısını gösterdiği anlaşılmaktadır. Literatürde yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde bu çalışmanın diğer çalışmalardan özgün olan tarafı öngörü değerleri hesaplanırken modelin başarısını artırmak amacıyla birkaç gün öncesinden BIST endeks değerlerinin verilmemiş olmasıdır. Başka bir ifadeyle modelin öngörü sonuçlarını arttırmak amacıyla birkaç gün öncesinden BIST endeks değerinin modele dahil edilecek olması çalışmanın istatistiki performans gösterge değerlerini oldukça pozitif anlamda iyileştirecektir. Bu açıdan değerlendirildiğinde araştırmanın literatürde yapılan diğer çalışmalardan özgünlük açısından farklı olarak BIST endeks öngörü değerlerinin tahminlemede bağımsız değişken olarak geçmiş günlük verilerin modele bağımsız olarak dahil edilmemiş olmasının çalışmaya katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte Lewis'e göre modellerin tamamının 2023-2024 döneminin öngörü sonuçlarına ilişkin MAPE değerlerinin %50'nin altında olması modellerin kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.

Sonuç

Finansal piyasalarda ve finansal yatırımlarda geleceği ön görebilmek amacıyla birçok tahmin yöntemi geliştirilmiştir. Çeşitli tahminlerle geleceği ön görebilmek, doğru ve başarılı finansal kararlar alınabilmesinde oldukça etkili olup kullanılan farklı tahminleme yöntemleriyle çok çeşitli tahmin teorileri hesaplanabilmektedir (Akbulut ve Adem, 2023, s. 62). Geleceğe dönük finansal tahmin çalışmalarında kullanılan yöntemlerden birisi de YSA'dır. YSA yöntemi birçok alanda tahmin çalışmalarında kullanılmakta olan ve başarılı sonuçlar alınan bir yöntemdir. Yöntemin uygulanmasının kolay, hızlı, esnek olması ve tutarlı sonuçlar ortaya koyması sebebiyle çok sayıda tahmin çalışmasında tercih edildiği görülmektedir (Yakut vd. 2014, s. 153). Özellikle bu çalışmada kullanılan borsa verilerinin genel itibarıyla doğrusal olmayan bir yapıda bulunan veri setlerinden oluşması nedeniyle bu verilerin, varsayım içeren tahmin yöntemleri aracılığıyla analiz edilmesi oldukça zor bir durumdur. Buna karşın YSA yöntemi ile analiz yapılmak istendiğinde herhangi bir önkoşulun veya varsayımın sağlanmasına gerek yoktur. Bu da YSA yönteminin oldukça kullanışlı olduğu anlamına gelmektedir (Karakul, 2020, s. 507).

Gerçekleştirilen açıklamalar doğrultusunda çalışmanın amacı, çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmali YSA yöntemi kullanılarak 02.01.2014 ile 23.12.2024 arasındaki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası ve diğer borsa internet sitelerinden elde edilen veriler üzerinden BIST 100 endeksinin tahmin edilmesidir.

Çalışma, 02.01.2014 ile 23.12.2024 arasındaki 3212 iş gününe ait veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ülkemiz literatürü araştırıldığında YSA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Özellikle seçilen çalışma dönemi aralığında gerçekleştirilen çalışmalar oldukça az sayıdadır. Bu durum çalışmanın özgün yanını oluşturmaktadır. Yine ülkemiz literatürü incelendiğinde BIST 100 endeks tahmini üzerine gerçekleştirilen çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Geçmiş tarihlerde yapılarak literatürde yerini alan çalışmalardan farklı olarak periyot ve çalışmada kullanılan değişkenlerin birlikte kullanılması, çalışmanın endeksi, konusu, kullanılan yöntem ve elde edilen sonuçlar çerçevesinde çalışmanın finans literatürüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, 2014-2022 dönemine ait BIST verileriyle çok sayıda model denemesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, eğitim ve test kümelerine ait oluşturulan modellerin başarısını ölçmek amacıyla dört farklı istatistiksel performans ölçütü olan R^2 , MSE, RMSPE ve MAPE kullanılmıştır. BIST endeksi fiyat tahmin modellerinde kullanılan 2014-2022 dönemine ait verilerin %80'i (1790 günlük veri) eğitim, %20'si ise (448 günlük veri) test veri kümesini oluşturmuştur.

Çalışmanın son aşamasında, toplamda 3212 günlük verinin geri kalan 974 günlük kısmı ile 2023-2024 dönemine ait BIST 100 endeksi fiyat öngörülleri elde edilmiştir. Araştırma kapsamında, YSA analizi kullanılarak oluşturulan modeller arasından, istatistiksel performans ölçütlerine göre tüm bağımsız değişkenlerin ve kukla değişkenlerin yer aldığı Model 1'in eğitim kümesinde %82'lik en yüksek R^2 değerine ulaştığı, test kümesinde ise Model 1, Model 2 ve Model 4'ün %95'e yakın R^2 değerleri elde ettiği görülmüştür.

2023-2024 dönemine ilişkin yapılan tahminlerde ise, Model 2 hariç diğer üç modelin R^2 değerlerinin %60 başarı düzeyinin üzerinde gerçekleştiği; sırasıyla Model 1'in %61,9, Model 3'ün %60,4 ve Model 4'ün %63,2 R^2 değerine ulaştığı belirlenmiştir. Bu üç modelin MAPE değerleri dikkate alındığında, ortalama %29,8 oranında bir istatistiksel performans sergiledikleri görülmüştür.

Bu sonuçlar doğrultusunda, Lewis'e göre MAPE değerlerinin %50'nin altında olması, modellerin 2023-2024 dönemi tahmin sonuçlarının kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, araştırma bulguları geliştirilen modellerin, BIST 100 endeksi fiyat tahminlerinde analizciler ve yatırımcılar açısından faydalı bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Literatürde bulunan çalışmalar incelendiğinde, çalışmayla doğrudan benzer olduğu düşünülen çalışma Karakul (2020) tarafından yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışma ile Karakul (2020) tarafından literatüre kazandırılan çalışma sonuçları yönünden karşılaştırılarak tartışılmıştır. Karakul (2020) tarafından 2020 yılında YSA analizi uygulanarak gerçekleştirilen çalışmada test verisine yönelik modelin MAPE değeri %7,91 olarak hesaplanırken, bu çalışmada test verisine yönelik modeller içerisinde Model 1, Model 3 ve Model 4'ün MAPE değerinin %8,3 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Yine bu çalışmada modelin 2023 ve 2024 yılları için forecasting (öngörü) değerlerine yönelik MAPE değerinin %29,8 olarak gerçekleşmesi sonucunda bu modellerin Lewis'e göre MAPE değerlerinin %50'nin altında olduğunda kabul görmesi nedeniyle modellerin kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın Karakul'un (2020) çalışmasından farklı olarak hiç gösterilmeyen 2023 ve 2024 verileri üzerinden öngörü değerleri elde edilerek, modelin istatistiksel performans gösterge değerlerinin hesaplanmış olması nedeniyle Karakul'un (2020) çalışmasından bu yönüyle farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yine, Kantar (2020) tarafından yapılan çalışmanın bu çalışmayla benzer olduğu düşünüldüğünde sonuçları yönünden karşılaştırma yapılmıştır. Yazar çalışmasında BIST 100 Endeksini 2009-2019 dönemleri için YSA ve ARMA modeli kullanarak tahmin etmiştir. Bu çalışmayla veri dönemi açısından farklılık göstermektedir. Ancak yöntem ve endeks benzerliği bulunması nedeniyle YSA sonuçları üzerinden değerlendirilmiştir. Yazar çalışmasında MAPE değerlerini vermediği için çalışmalar yalnızca R^2 değerleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Kantar (2020) tarafından elde edilen en yüksek R^2 test değeri 0,94'tür. Bu çalışmada elde edilen en yüksek R^2 test değeri ise 0,95'tir. Bu yönüyle çalışmanın yazar tarafından gerçekleştirilen çalışmaya göre daha yüksek bir R^2 test değerine yani yüksek tahmin gücüne sahip olduğu görülmektedir.

Yapılan açıklamalar doğrultusunda çalışmanın borsalar öncelikli olmak üzere ilgili taraflara ve konuyla ilişkili olarak gerçekleştirilecek olan bilimsel çalışmalara katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Geleceğe dönük gerçekleştirilecek başarılı endeks tahmin çalışmalarıyla analistlerin, portföy yöneticilerinin ve özellikle bireysel ve kurumsal yatırımcıların gelecek hakkında daha tutarlı öngörülere sahip olacakları ve bu sayede verecekleri yatırım kararlarına olumlu yönde etki edileceği düşünülmektedir. Gerçekleştirilecek başarılı tahminler doğrultusunda yatırımcıların kendilerine olan güveninin artacağı, finansal piyasalarda daha fazla işlem yapılacağı ve finansal piyasaların derinlik kazanmasına katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Bu çalışma ile araştırmacılar tarafından gerçekleştirilecek olan endeks tahmin çalışmalarında yapay zeka tekniklerinin kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu doğrultuda yapılacak olan çalışmalar sonucunda daha başarılı tahmin sonuçları elde

edilebileceğine inanılmaktadır. Çalışmada kullanılan YSA yöntemi ile geleneksel modellerde olduğu gibi çeşitli önkoşullara gerek duyulmadan, başarılı bir tahmin performansı elde edilebilmektedir. Buradan hareketle araştırmacıların, YSA yöntemi aracılığıyla farklı borsalar, sektörler ve değişkenler kullanılarak ve birçok farklı model oluşturularak, daha başarılı tahmin çalışmaları yapabilecekleri düşünülmektedir. Yine gelecek çalışmalarda modellerin öngörü istatistiki performans değerleriyle karşılaştırılmasının daha sağlıklı olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca YSA yönteminin yalnızca tahmin çalışmalarıyla sınırlı olmadığı bunun yanında kümeleme ve sınıflandırma çalışmalarında da başarılı bir şekilde uygulanabileceği önerilmektedir. Borsa endeksi tahmini üzerine gerçekleştirilecek çalışmalar için özellikle DVM yöntemi kullanılarak çeşitli hibrit modeller oluşturulması, borsa kapanış fiyatlarına alternatif olarak, borsa getiri endeksi gibi değişkenler tercih edilmesi ve büyük veri setleri üzerinde tahmin çalışmaları yürütülmesi tavsiye edilmektedir. Gelecekte yapılacak tahmin çalışmalarında Lojistik Regresyon, Probit, Random Forest, XGboost, Lightgbm, C5.0 ve CART Algoritması gibi yöntemlerin kullanılmasının da araştırmacılar açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Hakem Değerlendirmesi / Peer-review:

Dış bağımsız

Externally peer-reviewed

Çıkar Çatışması / Conflict of interests:

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

The author has no conflict of interest to declare.

Finansal Destek / Grant Support:

Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The author declared that this study has received no financial support.

Kaynakça / References

- ABD 10 Yıllık Tahvil Faizi, (2025). Erişim adresi: <https://tr.investing.com/rates-bonds/u.s.-10-year-bond-yield>
- Akbulut, S. ve Adem, K. (2023). Derin öğrenme ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak gelişmekte olan ülkelerin finansal enstrümanlarının etkileşimi ile Bist 100 tahmini. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 52-63. doi: 10.28948/ngmuh.1131191
- Alotaibi, T., Nazir, A., Alroobaea, R., Alotibi, M., Alsubeai, F., Alghamdi, A. ve Alsulimani, T. (2018). Saudi Arabia stock market prediction using neural network. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 10(2), 62-70. doi: 10.21817/ijcse/2018/v10i2/181002024
- Ballesteros, M. A. A. ve Miranda, E. A. M. (2025). Stock market forecasting using a neural network through fundamental indicators, technical indicators and market sentiment analysis. *Computational Economics*, (66), 1715-1745. <https://doi.org/10.1007/s10614-024-10711-4>
- Bello, M. Y. ve Chiroma, H. (2011). Utilising artificial neural network for prediction in the Nigerian stock market price indeks. *GESJ: Computer Science and Telecommunications*, 1(30), 68-77. Erişim adresi: https://gesj.internet-academy.org/ge/en/title_en.php?b_sec=comp
- BIST 100 (XU100) Kapanış Fiyatları, (2025). Erişim adresi: <https://tr.investing.com/indices/ise-100>
- BIST Pay Endeksleri Temel Kuralları. (2018). Erişim adresi: <https://www.borsaistanbul.com/tr/duyuru/914/bist-pay-endeksleri-temel-kurallari-guncellendi>
- Brent Petrol Vadeli İşlemleri, (2025). Erişim adresi: <https://tr.investing.com/commodities/brent-oil>
- Chahuan-Jimenez, K. (2024). Neural network-Based predictive models for stock market index forecasting. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(242), 1-18. <https://doi.org/10.3390/jrfm17060242>

- Çelik, Y. (2024). Bellek tabanlı LSTM ve GRU makine öğrenmesi algoritmaları kullanarak BIST100 endeks tahmini. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 36(2), 553-561. <https://doi.org/10.35234/fumbd.1406688>
- Çetin, D. T. ve Metlek, S. (2021). Türkiye'deki İslami hisse senedi endeksinin, endeks tabanlı öznitelikler kullanılarak derin öğrenme yöntemi ile tahmini. *Acta Infologica*, 5(2), 287-298. <https://doi.org/10.26650/acin.975633>
- DARPA Neural Network Study (US). (1988). *DARPA neural network study*: October 1987- February 1988. AFCEA International Press.
- DenizBank-BIST 100 Endeksi Bilgi. (2025). Erişim adresi: <https://www.denizbank.com/blog/yatirim/bist-100-endeksi-nedir-nasil-hesaplanir-111171>
- Diane, L. ve Brijlal, P. (2024). Forecasting stock market realised volatility using random forest and artificial neural network in South Africa. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 14(2), 514. <https://doi.org/10.32479/ijefi.15431>
- Elmas, Ç. (2010). *Yapay zeka uygulamaları (Yapay sinir ağı, bulanık mantık, genetik algoritma)*. İstanbul: Seçkin Yayıncılık.
- Enflasyon Oranları, (2025). Erişim adresi: <https://www.tcmb.gov.tr>
- Erdal, H. ve Korucuk, S. (2023). Bütünleşik dalgacık dönüşümü-Evrişimsel sinir ağları tabanlı derin öğrenme yaklaşımı ve borsa tahmini üzerine bir uygulama. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(29), 387-404. <https://doi.org/10.38155/ksbd.1258709>
- Fadlalla, A. ve Amani, F. (2014). Predicting next trading day closing price of Qatar Exchange index using technical indicators and artificial neural networks. *Intelligent Systems in Accounting Finance and Management*, 21(4), 209-223. doi: 10.1002/isaf.1358
- Fausett, L. V. (1993). *Fundamentals of neural networks: Architectures, algorithms and applications*. India: Pearson Education.
- Gecelik Repo Faiz Oranları, (2025). Erişim adresi: <https://www.tcmb.gov.tr>
- Ghashami, F., Kamyar, K. ve Riazi, A. (2021). Prediction of stock market index using a hybrid technique of artificial neural networks and particle swarm optimisation. *Applied Economics and Finance*, 8(3), 1-8. doi:10.11114/aef.v8i3.5195
- Grigoryan, H. (2015). Stock market prediction using artificial neural networks. Case study of TALIT, Nasdaq OMX Baltic Stock. *Database Systems Journal*, 6(2), 14-23. Erişim adresi: <https://www.dbjournal.ro/>
- Hamzaçebi, Ç. (2011). *Yapay sinir ağları: Tahmin amaçlı kullanımı matlab ve neurosolutions uygulamalı*, Bursa: Ekin Yayınevi.
- Hatipoğlu, T., Boran, S., Özcan, B. ve Fırlı, A. (2013). Yapay sinir ağı yaklaşımıyla çinko kalınlığının tahminlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(1), 60-68. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/saufenbilder>
- Idowu, P. A., Osakwe, C., Kayode, A. A. ve Adagunodo, E. R. (2012). Prediction of stock market in Nigeria using artificial neural network. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 4(11), 68-74. doi: 10.5815/ijisa.2012.11.08,
- İmalat Sanayi Kapasite Kullanım Oranları, (2025). Erişim adresi: <https://www.tcmb.gov.tr>
- Kantar, L. (2020). Bist 100 endeksinin yapay sinir ağları ve ARMA modeli ile tahmini. *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 3(2), 121-131. <https://doi.org/10.32951/mufider.725722>
- Karakul, A. K. (2020). Yapay sinir ağları ile Bist-100 endeks değerinin tahmin edilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 497-509. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.721866>
- Karlı, M., Kahraman, H. ve Bayındır, A. (1994). *İslam açısından borsa*. İstanbul: Ensar Neşriyat.
- Kartal, C. (2020). Destek vektör makineleri ile borsa endekslerinin tahmini. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 1394-1418. <https://doi.org/10.15869/itobiad.673015>

- Köse, E., Güral, Ö. S. ve Seçme, G. (2021). Bist sürdürülebilirlik endeksine alternatif bir yaklaşım: Finansal göstergeler ile bir tahmin. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 12(30), 520-531. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.815538>
- Kutlu, B. ve Badur, B. (2009). Yapay sinir ağları ile borsa endeksi tahmini. *Yönetim-İstanbul Üniversitesi işletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi*, 20(63), 25-40. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/imj>
- Küçükönder, H. (2011). Yapay sinir ağları ve tarımda bir uygulama (Yayımlanmamış doktora tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods*. London: Butterworths.
- Lippmann, R. (1987). An introduction to computing with neural nets. *IEEE Assp Magazine*, 4(2), 4-22. <https://doi.org/10.1145/44571.44572>
- Majumder, M. ve Hussian, A. (2007). Forecasting of Indian stock market index using artificial neural network. *Information Science*, 1-21. Erişim adresi: <https://www.academia.edu>
- Manu, K. S., Kalra, R. ve Subhika, M. S. (2020). Stock index prediction using artificial neural network and econometrik model: The case of Nifty 50. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(5), 3425-3437. Erişim adresi: <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/index>
- Moghaddam, A. H., Moghaddam, M. H. ve Esfandyari, M. (2016). Stock market index prediction using artificial neural network. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 21(41), 89-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jefas.2016.07.002>
- MSCI Gelişmekte Olan Piyasalar Endeksi, (2025). Erişim adresi: <https://tr.investing.com/indices/msci-emerging-markets>
- Nabiyev, V. V. (2005). *Yapay zeka: Problemler-Yöntemler-Algoritmalar*. Ankara: Seçkin Yayınevi.
- Neenwi, S., Asagba, P. O. ve Kabari L. G. (2013). Predicting the Nigerian stock market using artificial neural network. *European Journal of Computer Science and Information*, 1(1), 30-39. Erişim adresi: <https://eajournals.org/ejcsit/>
- Özari, Ç. ve Demirkale, Ö. (2022). K-En yakın komşu algoritması ile Dolar-TL ve Euro-TL kuru kullanarak borsa endeks tahmini. *Maliye ve Finans Yazıları*, (117), 41-62. <https://doi.org/10.33203/mfy.1034155>
- Özcan, K. A. (2023). Borsa endeksi yönünün makine öğrenmesi yöntemleri ile tahmini: BIST 100 örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(3), 1001-1018. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/gumus>
- Özer, A., Sarı, S. S. ve Başakın, E. E. (2018). Bulanık mantık ve yapay sinir ağları ile borsa endeks tahmini: Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler örneği. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 99-123. <https://doi.org/10.17218/hititsosbil.390490>
- Öztemel, E. (2003). *Yapay sinir ağları*. İstanbul: Papatya Yayınları.
- Pabuççu, H. (2019). Borsa endeksi hareketlerinin makine öğrenme algoritmaları ile tahmini. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (23), 179-190. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.484138>
- Pande N. K., Kumar, A. ve Gupta, A. K. (2024). Forecasting stock indices: Stochastic and artificial neural network models. *Computational Economics*, 1-33. <https://doi.org/10.1007/s10614-024-10615-3>
- Sagir, A. M. ve Sathasivam, S. (2017). the usa of artificial neural network and multiple linear regressions for stock market forecasting. *Matematika*, 33(1), 1-10. <https://doi.org/10.11113/matematika.v33.n1.956>
- Sarı, S. S. (2021). Amerikan 10 yıllık tahvil faiz oranlarına dayanılarak BİST 100 endeks tahmininde ağaç tabanlı regresyon modelleri uygulaması. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 25(2), 225-238. <https://doi.org/10.51945/cuiibfd.1000827>
- Sarı, S. S. ve Başakın, E. E. (2020, December). Ağaç tabanlı regresyon modelleriyle gayrimenkul yatırım ortaklıkları endeksinin tahmin edilmesi. *International Marmara Social Sciences Congress Proceedings Book (Imascon 2020-Autumn)*, 309-317.
- Sarı, S. S. ve Başakın, E. E. (2021). Borsa İstanbul banka endeksi'nin veri tabanlı modeller ile analiz edilmesi. *Verimlilik Endeksi*, (3), 147-163. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.691193>

- Sarı, S. S. ve Ilgın, K. S. (2022). BIST-100 endeks hareketlerinin BRICS endeksleri aracılığıyla tahmin edilmesi: Yapay sinir ağları uygulaması. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(1), 351-366. <https://doi.org/10.11616/asbi.1096346>
- Selvamuthu, D., Kumar, V. ve Mishra, A. (2019). Indian stock market prediction using artificial neural networks on tick data. *Financial Innovation*, 5(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0131-7>
- Sharma, D. K., Hota, H. S., Brown, K. ve Handa, R. (2022). Integration of genetic algorithm with artificial neural network for stock market forecasting. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13(Suppl. 2), 828-841. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01209-5>
- Simpson, P. K. (1996). *Neural networks theory, technology and applications*. New York, NY, USA: IEEE.
- Şen, Z. (2004). *Yapay sinir ağları ilkeleri*, İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- USD/TRY, (2025). Erişim adresi: <https://tr.investing.com/currencies/usd-try>
- VIX Volatility Endeksi, (2025). Erişim adresi: <https://www.investing.com/indices/volatility-s-p-500>
- Villaruz, J. A., Gerardo, B. D. ve Medina, R. J. (2023). *Philippine stock exchange index forecasting using a tuned artificial neural network model with a modified firefly algorithm*. 6th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI), 1039-1044, IEEE.
- XAU/USD Ons Altın, (2025). Erişim adresi: <https://tr.investing.com/currencies/xau-usd>
- Yakut, E. (2020). *Veri madenciliği teknikleri ve yapay sinir ağları*. Ankara: Akademisyen Kitabevi.
- Yakut, E., Elmas, B. ve Yavuz, S. (2014). Yapay sinir ağları ve destek vektör makineleri yöntemleriyle borsa endeksi tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 139-157. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sduiibfd>
- Zhang, G., Patuwo, B. E. ve Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International Journal of Forecasting*, 14(1), 35-62. [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(97\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(97)00044-7)