

Enerji Sektörü Hisse Senedi Fiyat Tahminleri için Geliştirilmiş Sinir Ağlarında Ampirik Mod Ayrışımı: Petkim Petrokimya Holding A.Ş. Örneği

Ahmet AKUSTA¹

Öz

Makale Türü	Araştırma Makalesi
Başvuru Tarihi	09.04.2025
Kabul Tarihi	07.09.2025
DOI	10.53306/klujfeas.1672677
JEL Kodu	G17, F47, C40
Erişim ve Lisans	

Finansal zaman serisi tahmini, yatırım stratejileri ve risk yönetimi uygulamalarında kritik bir rol oynamaktadır. Enerji sektörü hisselerinin karmaşık ve dinamik yapısı, hisse senedi fiyatlarının isabetli şekilde öngörülmesini güçleştirmektedir. Geleneksel tahmin yöntemleri, finansal piyasaların Etkin Piyasa Hipotezi ile de vurgulanan doğrusal olmayan ve çok yönlü dinamiklerini tam olarak yansıtmada yetersiz kalabilmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada Ampirik Mod Ayrıştırma (EMD) tekniğinin ileri beslemeli sinir ağları ile bütünleştirilerek, enerji sektöründeki hisse senedi fiyat tahminlerinin doğruluk ve güvenilirliğinin artırılması hedeflenmiştir. Örnek olay incelemesi olarak Petkim Petrokimya Holding A.Ş. seçilmiş, Ocak 2020 ile Ekim 2023 arasını kapsayan döneme ait hisse senedi fiyat verileri, ham petrol fiyatları ve USD/TRY döviz kuru verileri birlikte değerlendirilmiştir. Analiz verileri Yahoo Finance veri tabanından sağlanmıştır. Veri ön işleme adımlarının ardından, EMD yöntemi kullanılarak hisse senedi fiyatları içsel mod fonksiyonlarına (IMF) ayrıştırılmıştır. Sinir ağı modelinin eğitiminde, hem orijinal zaman serisi verileri hem de EMD ile elde edilen IMF bileşenleri girdi olarak kullanılmıştır. Model, veri setinin %75'iyle eğitilmiş, kalan kısımlar ise test ve doğrulama için ayrılmıştır. Bulgular, EMD tabanlı içsel mod fonksiyonlarının sinir ağı modeline entegre edilmesinin, Petkim hisse senedi fiyat hareketlerinin yönü ve genel eğilimlerini tahmin etmede olumlu bir katkı sağlayabileceğine işaret etmektedir. Bu bağlamda çalışma, gelişmiş sinyal işleme tekniklerinin Türkiye gibi gelişmekte olan ve volatil bir piyasanın enerji sektöründe hisse senedi fiyatlarının

öngörülebilirliğinin artırılmasına yönelik potansiyel sunduğunu öne sürmekte ve bu alandaki literatüre ampirik bir bakış açısı katmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ampirik Mod Ayrışımı, Sinir Ağları, Hisse Senedi Fiyat Tahmini, Finansal Tahmin, Enerji Piyasası, İçsel Mod Fonksiyonları

Atf: Akusta, A. (2025). Enerji sektörü hisse senedi fiyat tahminleri için geliştirilmiş sinir ağlarında ampirik mod ayrışımı: Petkim Petrokimya Holding A.Ş. örneği. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 181-203. <https://doi.org/10.53306/klujfeas.1672677>

Bilgilendirme: Bu çalışma "Araştırma ve Yayın Etiği" değerlerine uygun olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın tüm sorumluluğu yazar(lar) a aittir. Çalışmaya ait araştırma ve yayın etiği beyanlarına son sayfada yer verilmiştir.

¹ Öğr. Gör. Dr., Konya Teknik Üniversitesi, Rektörlük, ahmetakusta@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-5160-3210

Empirical Mode Decomposition in Neural Networks Developed for Energy Shares Price Predictions: Petkim Petrochemical Holding Inc. Example

Ahmet AKUSTA²

Abstract

Financial time series forecasting plays a critical role in investment strategies and risk management applications. The complex and dynamic structure of energy sector stocks makes it difficult to accurately predict stock prices. Traditional forecasting methods may fall short in fully reflecting the non-linear and multi-faceted dynamics of financial markets, as emphasised by the Efficient Market Hypothesis. In this context, this study aims to enhance the accuracy and reliability of stock price forecasts in the energy sector by integrating the Empirical Mode Decomposition (EMD) technique with feedforward neural networks. Petkim Petrochemical Holding A.Ş. was selected as a case study, and stock price data, crude oil prices, and USD/TRY exchange rate data for the period between January 2020 and October 2023 were evaluated together. The analysis data were obtained from the Yahoo Finance database. Following data preprocessing steps, stock prices were decomposed into intrinsic mode functions (IMFs) using the EMD method. Both the original time series data and the IMF components obtained via EMD were used as inputs in training the neural network model. The model was trained using 75% of the dataset, with the remaining portions allocated for testing and validation. The findings indicate that integrating EMD-based intrinsic mode functions into the neural network model may contribute positively to predicting the direction and general trends of Petkim stock price movements. In this context, the study suggests that advanced signal processing techniques offer potential for improving the predictability of stock prices in the energy sector of a developing and volatile market such as Turkey, thereby contributing an empirical perspective to the literature in this field.

Article Type	Research Article
Application Date	2025.04.09
Acceptance Date	2025.09.07
DOI	10.53306/klujfeas.1672677
JEL Code	G17, F47, C40
Access and License	

Keywords: Empirical Mode Decomposition, Neural Networks, Stock Price Prediction, Financial Forecasting, Energy Shares, Intrinsic Mode Functions

Citation: Akusta, A. (2025). Empirical mode decomposition in neural networks developed for energy shares price predictions: Petkim Petrochemical Holding Inc. example. *Kirklareli University Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 14(2), 181-203. <https://doi.org/10.53306/klujfeas.1672677>

Statement: This study was prepared in accordance with the values of “Research and Publication Ethics”. All responsibility for the study belongs to the author(s). The statements of research and publication ethics of the study are given on the last page.

² Lecturer Dr., Konya Technical University, Rectorate, ahmetakusta@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-5160-3210

Giriş

Küresel ekonominin önemli bir bileşeni olan enerji sektörü piyasası, hisse senedi fiyatlarının dinamik ve değişken yapısıyla öne çıkmaktadır. Enerji hisselerindeki dalgalanmalar; jeopolitik olaylar, çevre politikaları ve küresel enerji talebindeki dalgalanmalar gibi birçok faktörden kaynaklanmaktadır (Kara vd., 2011). Enerji hisse senedi fiyatlarının doğru şekilde tahmin edilmesi, çeşitli ve aynı zamanda etkili olan bu faktörlerin yorumlanmasının zorlayıcı olması nedeniyle karmaşık bir süreçtir. Geleneksel tahmin yöntemleri, kısa vadeli tahminler için ağırlıklı olarak teknik verilere dayanırken, çoğu zaman salt sayısal değerlerin ötesine geçen daha geniş piyasa dinamiklerini özetlemekte yetersiz kalmaktadır (Liu vd., 2022).

Finansal piyasaların öngörülebilirliği, bir asırdan uzun süredir akademik tartışmaların merkezinde yer almaktadır. Louis Bachelier (1900), çığır açan "Spekülyasyon Teorisi" başlıklı teziyle, hisse senedi fiyat hareketlerinin tahmin edilemez ve rastgele bir doğaya sahip olduğunu öne süren ilk araştırmacılardan biridir. Bachelier'in bu çalışması, fiyatların geçmiş hareketlerinden gelecekteki yönünü tahmin etmenin matematiksel olarak mümkün olmadığı fikrini ortaya koymuş ve modern finanstaki Etkin Piyasa Hipotezi'nin temellerini atmıştır. Bachelier'in "fiyat hareketlerini belirleyen etkilerin sayısız olduğu ve bu nedenle matematiksel olarak kesin bir tahmin beklemenin imkânsız olduğu" yönündeki tespiti, bu alandaki temel zorluğu özetlemektedir. Ancak, Bachelier'in ortaya koyduğu bu temel varsayıma rağmen, istatistik biliminde ve teknolojideki ilerlemeler ile karmaşık öngörü modellerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, bu hipotezin geçerliliği, özellikle yeni istatistiksel ve hesaplamalı yöntemlerin gelişimiyle birlikte daha fazla tartışma konusu haline gelmiştir. Doğrusal ve doğrusal olmayan modelleri içeren geleneksel yaklaşımlar, borsaların dinamik ve doğrusal olmayan doğasını tam olarak ele almakta zorlanmaktadır (Mallikarjuna ve Rao, 2019; Mansor vd., 2019). Bunun yanında, hisse senedi fiyat tahminlerinde sinir ağlarının uygulanması, düşük doğruluk ve aşırı öğrenme eğilimi gibi sorunlar nedeniyle olumsuz etkilenmiştir (Huang vd., 2017).

Bu çalışma, belirtilen zorlukların üstesinden gelmeyi amaçlayarak Ampirik Mod Ayrışımı'nı (Empirical Mode Decomposition - EMD) sinir ağlarıyla entegre ederek hisse senedi fiyat tahminlerinin hassasiyetini ve güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, enerji hisse senedi fiyatlarına odaklanılarak Petkim A.Ş.'nin hisse senedi fiyatları incelenmiştir. Araştırmanın öncelikli hedefleri şunlardır:

1. Ampirik Mod Ayrıştırmanın (EMD) Sinir Ağları ile Entegre Edilmesi: Hisse senedi fiyat tahminlerinin doğruluğunu artırmak için EMD'nin sinir ağları ile entegrasyonunu gerçekleştirmek amaçlanmaktadır. Karmaşık finansal zaman serisi verilerinin EMD aracılığıyla içsel mod işlevlerine ayrıştırılmasının, sinir ağlarının tahmin yeteneklerini önemli ölçüde artırması beklenmektedir.
2. Sinir Ağı Modellerinde Ampirik Mod Ayrıştırmanın (EMD) Etkinliğinin Analizi: EMD'nin sinir ağlarının hisse senedi fiyatlarının tahmin etme performansı üzerindeki etkisi değerlendirilecektir. Bu kapsamda, modelin borsa tahminlerinin doğruluğu için çok önemli olan finansal zaman serisi verilerinin karmaşık ve doğrusal olmayan kalıplarını yakalama kapasitesi değerlendirilecektir (Nova vd., 2021).
3. Petkim A.Ş. Hisselerine İlişkin Örnek Olay Uygulaması: Ampirik Mod Ayrıştırmanın (EMD) ile güçlendirilmiş sinir ağı modeli, Petkim A.Ş. hisselerine uygulanarak enerji borsasında uygulama düzeyindeki potansiyel etkinliği değerlendirilecektir. Bu uygulama, modelin gerçek piyasa koşullarında uygulanabilirliğine dair ampirik kanıtlar sağlayacaktır.

4. Finansal Tahmin Literatürüne Katkıda Bulunmak: Çalışma, finansal tahmin literatürüne yeni anlayışlar ve metodolojiler katmayı amaçlamaktadır. Araştırma, gelişmiş sinyal işleme tekniklerini makine öğrenimi modelleriyle birleştirmenin avantajlarını göstererek, özellikle enerji sektöründe hisse senedi fiyat tahminlerine alternatif bir yöntem önermektedir.

Bu çalışma, EMD ve sinir ağı hibrit modellerini Türkiye gibi gelişmekte olan bir piyasanın enerji sektörüne uygulayarak literatürdeki bir boşluğu doldurmaktadır. Petkim gibi stratejik öneme sahip ve volatil bir hisse senedi üzerinde, COVID-19 pandemisinin yarattığı piyasa çalkantılarını da içeren bir dönemde bu modelin etkinliğinin test edilmesi, çalışmanın özgün değerini artırmaktadır. Böylece, karmaşık sinyal işleme tekniklerinin belirli piyasa koşulları altındaki pratik uygulanabilirliğine dair ampirik kanıtlar sunulmaktadır.

Bu dört ana hedef doğrultusunda bu araştırma; Petkim enerji hisselerine odaklanan bir vaka çalışmasıyla birlikte, hisse senedi fiyat tahmininde Deneysel Mod Ayrıştırmanın (EMD) sinir ağlarıyla entegrasyonunun kapsamlı ve tutarlı bir şekilde incelenmesini sağlamak üzere hazırlanmıştır. İlk olarak; önceki çalışmaları ve yöntemleri değerlendiren ve mevcut çalışma yapısındaki güçlü yönleri ve eksiklikleri belirleyen kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır.

Literatür taramasının ardından gelen metodoloji bölümü; veri toplama, ön işleme ve kullanılan analitik teknikler dahil olmak üzere modelimizin ayrıntılı bir açıklamasını sunmaktadır. Bu bölüm EMD'nin uygulanmasını, sinir ağı mimarisini ve EMD'nin sinir ağı modeline entegre edilme sürecini açıklığa kavuşturan ve ilgili teknik süreçler hakkında ayrıntılar sunan alt bölümlere ayrılmıştır.

Bulgular bölümü, sayısal veriler ve görsel sunumlar aracılığıyla standart sinir ağının performansını, EMD ile güçlendirilmiş modellerle karşılaştırarak temel bulguları özetlemektedir. Bu karşılaştırma, entegre yöntemimizin etkinliğini vurgulamakta ve finansal tahminde sinir ağı ve EMD uygulamalarıyla olan bağına ortaya koymaktadır.

Son olarak, çalışmanın temel bulguları ve literatüre katkıları sonuç bölümünde açıklanmıştır. Bu bölümde, EMD'nin sinir ağlarıyla yenilikçi entegrasyonu ve enerji sektöründeki yatırım ve karar alma süreçlerindeki potansiyel sonuçları vurgulanmıştır.

1. Literatür

Finansal zaman serilerinin tahmini, modern finansman yaklaşımları için yatırım stratejilerini ve risk yönetimi kararlarını destekleyen temel bir husustur. Derin öğrenmenin ortaya çıkışıyla birlikte, doğruluk ve verimlilik açısından geleneksel istatistiksel yaklaşımları aşan karmaşık modellerin geliştirilmesi, tahmine dayalı analitik ortamda belirgin bir paradigma değişimine sebep olmuştur. Bu literatür taraması, özellikle Ampirik Mod Ayrıştırmanın (EMD) sinir ağlarıyla entegrasyonuna odaklanarak bu modellerin gelişim sürecine odaklanmıştır. Yeni ufuklar açan son çalışmalar incelenerek, uyarlanabilir yinelenen ağlardan grafik sinir ağlarına ve hibrit derin öğrenme modellerine kadar çeşitli metodolojiler araştırılmıştır. Bu çalışmalar, finansal piyasaların karmaşık dinamiklerini modellemeye yönelik yeni yaklaşımlar sunmakta olup, bu bağlamda mevcut çalışmanın teorik ve yöntemsel çerçevesini şekillendirmiştir.

Aghabozorgi vd. (2015) kümelemeyi denetimsiz öğrenme açısından, özellikle sınıflara ilişkin ön bilgi yokken büyük ölçekli verileri sınıflandırmak için araştırmıştır. Bulut bilişimin (cloud computing) ve büyük verinin ortaya çıkışıyla birlikte kümeleme, geniş veri kümelerinden bilginin çıkarılmasında önemli bir araç

haline gelmiştir. Bu araştırma, “zaman serisi kümeleme” yönteminin dört ana bileşenini derinlemesine incelemiş ve biyolojideki gen gösteriminden finanstaki borsa analizine kadar uzanan uygulamalarını vurgulamıştır. Araştırma sonucunda, son yıllarda zaman serisi kümeleme yaklaşımlarının verimliliği, kalitesi ve karmaşıklığında iyileşme eğilimi olduğu vurgulanmış ve bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Thomakos ve Nikolopoulos (2015) tek değişkenli Theta yöntemini çok değişkenli zaman serilerine genişleterek yeni teorik formülasyonlar önermiştir. Bu çalışma, yöntemin vektör tahmini için uygunluğunu gösteren ampirik kanıtlara dayanmaktadır. Çalışmada, yöntemi gerçek makroekonomik ve finansal zaman serileri üzerinde değerlendirerek, çok değişkenli Theta yönteminin doğru tahmin açısından potansiyelini gösteren başarılı bir örnek sunulmuş ve daha yüksek boyutlu uygulamalarda daha fazla araştırma yapılması çağrısında bulunulmuştur.

Chen vd. (2017) derin öğrenme tekniklerinden yararlanan yeni bir finansal zaman serisi analiz yöntemi önermiştir. Çalışmada, düzlemsel öznitelik (planar feature) gösterimi ve Derin Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks - CNN) tanıtılarak borsada işlem simülasyonu uygulamalarının etkinliği ortaya konulmuştur. Bu çalışma, derin öğrenmenin karmaşık ve gürültülü finansal verileri ele alma potansiyelini bir örneklem üzerinde açıklamış ve derin öğrenmenin finansal teknoloji inovasyonlarındaki potansiyelini ortaya koymaktadır.

Mahalakshmi vd. (2016) birçok sektörde kritik öneme sahip zaman serisi verilerini tahmin etmek için uygulanan çeşitli tekniklerin kapsamlı bir araştırmasını sunmuştur. Araştırma, performansı ve doğruluğu artırmayı amaçlayan bir dizi tahmin modelini, algoritmayı ve optimizasyon tekniğini kapsamaktadır. Bu çalışma, zaman serisi tahmini kapsamındaki araştırmaların kapsamının anlaşılmasına önemli ölçüde katkıda bulunarak sonraki çalışmalar için temel bir referans görevi görmektedir.

Lahmire (2016) Değişken Mod Ayrıştırma (Variational Mode Decomposition)'yı Genel Regresyon Sinir Ağı ile entegre eden yeni bir zaman serisi tahmin modelini ortaya koymuştur. Çalışmasında, Ampirik Mod Ayrıştırma, Genel Regresyon Sinir Ağı, İleri Beslemeli Sinir Ağı ve Otoregresif Hareketli Ortalama yöntemlerinin performanslarını değerlendirerek Değişken Mod Ayrıştırma'nın yüksek performans sergilediğini rapor etmiştir. Çalışmanın bulgularına göre Değişken Mod Ayrıştırma, ekonomik ve finansal zaman serisi analizi ve tahminlerinde etkin ve gelecek vadeden bir tekniktir.

Gamboa (2017) “zamansal bağımlılık” özelliği nedeniyle zaman serisi verilerinin analiz edilmesinin giderek zorlaştığını vurgulamaktadır. Çalışmasında, zaman serisi analizinde denetimsiz öznitelik öğrenmesine (unsupervised feature learning) yönelik derin öğrenme tekniklerini gözden geçirerek, bunların konuşma tanıma ve uyku aşaması sınıflandırması gibi alanlara önemli katkılarına dikkat çekmiştir. Bu çalışma, manuel öznitelik mühendisliğine olan ihtiyacı ortadan kaldırarak ve böylece analitik süreci basitleştirerek derin öğrenmenin zaman serisi analizindeki potansiyelini altını çizmektedir.

Jaramillo vd. (2017) finansal zaman serisi tahmininde Destek Vektör Makinelerinin (Support Vector Machines - SVM) kullanımını incelemiştir. Araştırmada, 59 makaleyi analiz ederek, SVM'nin klasik yöntemlerden daha iyi performans gösterme eğiliminde olduğu ve SVM'nin değiştirilmiş versiyonlarının daha da yüksek doğruluk gösterdiği sonucuna varmışlardır. Öte yandan, deneysel vakalarda çalışmalar arasında değişiklikler bulunması nedeniyle, SVM'de hangi iyileştirmelerin en etkili olduğu konusunda genel sonuçlar çıkarmanın zor olduğunu belirtmişlerdir.

Wang (2017) hisse senedi endekslerinin zaman serileri ile çevrimiçi metinsel veriler üzerindeki duygu analizinden elde edilen dış göstergeleri birleştiren yeni bir yöntem önermektedir. Çalışma, duyarlılık göstergelerinin dahil edilmesinin hisse senedi piyasası tahminlerinin doğruluğunu artırabileceğini ve dış faktörlerin piyasa dinamiklerinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir.

Bao vd. (2017) hisse senedi fiyat tahmini için Dalgacık Dönüşümü (Wavelet Transforms – WT), Yığılmış Otokodlayıcı (Stacked Autoencoders - SAE) ve Uzun-Kısa Süreli Bellek'i (Long Short Term Memory – LSTM) entegre eden bir derin öğrenme çerçevesi sunmuşlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, bu kombinasyon benzer modellerden daha iyi performans göstermiştir. Bu sonuç, derin öznitelik çıkarma ve gürültü gidermenin tahminlerdeki doğruluğu artırmadaki etkinliğini vurgulamaktadır.

Siami-Namini vd. (2018) Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM)'in zaman serisi verilerini tahmin etmedeki etkinliğini Otoresif Hareketli Ortalamalar (Autoregressive Integrated Moving Average-ARIMA) gibi geleneksel tekniklerle karşılaştırarak araştırmıştır. Yapılan bu ampirik çalışma, LSTM'nin hata oranlarını önemli ölçüde azalttığını ve geleneksel modellere göre üstünlüğünü ortaya koymuştur.

Borovykh vd. (2017) derin evrişimli WaveNet mimarisini koşullu zaman serisi tahmini için uyarlamıştır. Çalışma bulgularına göre, evrişimli ağların finansal tahminlerdeki regresyon tipi problemler için çok uygun olduğu ve kapsamlı geçmiş verilere ihtiyaç duymadan bağımlılıkları etkili bir şekilde öğrenebildiği sonucuna varılmış ve tekrarlayan ağlara etkili bir alternatif sunulmuştur.

Tealab (2018) sinir ağı metodolojilerini kullanarak zaman serisi tahmin modellerindeki gelişmelere ilişkin sistematik bir literatür taraması gerçekleştirmiştir. Bu araştırmada, sinir ağı uygulamaları üzerine çok sayıda çalışma olmasına rağmen, bunların çok azının ciddi teorik temellere dayanan yeni modeller önerdiği saptanmıştır. Bu tespit, literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlayan çalışmanın önemini göstermektedir.

Sezer ve Ozbayoglu (2018) finansal zaman serilerini analiz etmek için görüntü işleme özelliklerine dayalı 2 boyutlu evrişimli sinir ağı (CNN) kullanan yeni bir algoritmik senedi alım-satım modeli ortaya koymuştur. Çeşitli teknik göstergeler kullanarak finansal verileri 2 boyutlu görüntülere dönüştürüp, elde edilen görüntüleri hisse senedi alım-satım kararları için etiketlemişlerdir. Çalışmada kullanılan model, geleneksel "al ve tut" stratejileri ve bilinen alım-satım sistemlerine göre önemli bir gelişme göstermiş ve böylece finansal tahminlerde CNN'lerin finansal tahminlerde alternatif bir yöntem olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Cao vd. (2019) Ampirik Mod Ayırımı'nı Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM) sinir ağlarıyla birleştiren iki hibrit tahmin modeli önermiştir. Bu yaklaşım, tahmin için LSTM'yi uygulamadan önce, finansal zaman serilerinin doğrusal olmayan ve durağan olmayan yapısını, içsel mod fonksiyonlarına ayırarak ele almıştır. Sonuç olarak tekli modeller ve diğer hibrit modellerle karşılaştırıldığında üstün tahmin performansına ulaşılmıştır.

Oreshkin vd. (2019) yeni bir derin sinir mimarisi kullanarak tek değişkenli zaman serisi tahminine odaklanmıştır. Çalışmadaki model son derece iyi bir performans sergilemiş ve "artık blok" gibi derin öğrenme öğelerinin, bu alandaki kalıplaşmış görüşlere meydan okuyarak, çok çeşitli tahmin sorunlarını etkili bir şekilde çözebileceğini göstermiştir.

Sagheer ve Kotb (2019) genetik algoritma kullanılarak optimize edilmiş, Derin Uzun-Kısa Süreli Bellek (DLSTM) mimarisini kullanan bir derin öğrenme yaklaşımı önermişlerdir. Petrol endüstrisindeki vaka

çalışmalarından elde edilen ampirik sonuçlar, DLSTM modelinin geleneksel istatistiksel ve esnek hesaplama yöntemlerinden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur.

Barra vd. (2020), zaman serilerinden türetilen Gramian açısız alan görüntüleri üzerinde eğitilmiş bir evrişimli sinir ağı (CNN) grubu kullanarak, zaman serisi verileri için CNN'i kullanmanın zorluklarını ele almıştır. Çalışma kapsamında Standard & Poor's 500 endeksinde test edilen söz konusu yaklaşım, AI ve Tut stratejisini aşarak CNN'in piyasa trendi tahminindeki potansiyelini ortaya koymuştur.

Sezer vd. (2020) Derin Öğrenme (DL) modellerinin, geleneksel makine öğrenimi yaklaşımlarından daha iyi performans göstererek, finansal zaman serisi tahminleri üzerinde önemli düzeyde etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmada yer alan kapsamlı literatür incelemesi, kullanılan uygulama alanları ve modellere göre DL çalışmalarını kategorilere ayırarak, potansiyel aksaklıklar ve fırsatlar da dahil olmak üzere finasta derin öğrenmenin geleceği hakkında değerli bilgiler sunmaktadır.

Livieris vd. (2020) altın fiyatlarını tahmin etmek amacıyla zaman serisi verilerindeki bağımlılıkları belirlemek için evrişimsel katmanları ve LSTM sinir ağları katmanlarını kullanan bir derin öğrenme tahmin modeli sunmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre, tahmin performansında önemli bir iyileşme tespit edilmiş ve zaman serisi analizinde evrişimsel ve LSTM katmanlarını birleştirmenin etkinliğini ortaya koymuştur.

Z. Wu vd. (2020) çok değişkenli zaman serisi tahmini için değişkenler arasındaki örtük mekânsal bağımlılıkları (latent spatial dependencies) yakalayan bir grafik sinir ağı (GNN) çerçevesi sunmuştur. Grafik öğrenme modülünü içeren çalışmadaki yaklaşım, kıyaslama veri kümelerinde üstün performans göstererek GNN'nin bu bağlamda etkinliğini ortaya koymuştur.

N. Wu vd. (2020) öz-dikkat (self-attention) mekanizmalarını kullanan Transformer tabanlı makine öğrenimi modellerini kullanarak yeni bir zaman serisi tahmin yöntemi geliştirmiştir. Çalışmada, grip benzeri hastalıkların tahmini üzerine uygulama gerçekleştirilmiş, deneysel veriler önerilen modelin hedef metriklerde anlamlı bir iyileşme sağladığını göstermiştir. Bu sonuçlar, Transformers'ın zaman serisi tahminlerindeki potansiyelini ortaya koymuştur.

Chimmula ve Zhang (2020) COVID-19 vakalarına ilişkin bir öngöründe bulunabilmek için, LSTM ağlarından yararlanarak salgının gidişatını tahmin eden ilk modellerden birini ortaya koymuştur. Çalışmanın bulguları, LSTM'nin bulaşıcı hastalık tahmininde uygulanabilir bir yöntem olduğunu göstermiş ve ülkeler arasındaki bulaşma oranlarına ilişkin karşılaştırmalı bilgiler sunmuştur. Bu çalışma LSTM'nin finansal tahminlemede de kullanılabilceğini göstermiştir.

Lim vd. (2021) zamana bağlı dinamiklere ilişkin yorumlanabilir bilgiler sağlayan, çoklu zaman aralığı tahminleri için tasarlanmış, dikkat temelli bir mimari olan Zamansal Füzyon Dönüşüm'ü (Temporal Fusion Transformer - TFT) araştırmıştır. Araştırmaya göre, TFT'nin öznitelik seçimine yönelik özel bileşenleri ve bileşen bastırmaya yönelik geçiş katmanları, bu yöntemin yüksek performansına ve yorumlanabilirliğine katkıda bulunmaktadır.

Masini vd. (2023) zaman serisi tahmini için gözetimli makine öğrenmesindeki son gelişmeleri ve yüksek boyutlu modelleri araştırmıştır. Çalışma, sıg ve derin sinir ağları da dahil olmak üzere hem doğrusal yöntemleri hem de doğrusal olmayan yöntemleri kapsamaktadır. Bu yöntemlerin ekonomi ve finans alanındaki uygulamalarını tartışarak yüksek frekanslı finansal verilerle uygulamalı bir örnek sunmaktadır.

Du vd. (2021) zaman serisi tahminindeki Zamansal Kovaryans Kayması (Temporal Covariate Shift - TCS) sorununu çözmek için Uyarlanabilir Tekrarlayan Sinir Ağı (AdaRNN)'ni incelemiştir. Araştırmadaki yenilikçi yaklaşım, dağılım uyumsuzluklarını azaltmak ve model uyarlanabilirliğini geliştirmek için Zamansal Dağılım Karakterizasyonu (Temporal Distribution Characterization) ve Zamansal Dağılım Eşleme (Temporal Distribution Matching)'yi içermektedir. AdaRNN yöntemi, finansal analiz de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda, sınıflandırma doğruluğunda ve ortalama hata kareleri kökünde önemli gelişmeler göstermiştir.

Zaheer vd. (2023) birden fazla hisse senedi parametresini tahmin eden hibrit bir derin öğrenme tahmin modeli önermiştir. Çalışmada önerilen model Şanhay Komposit Endeksi'nde test edilmiş ve CNN, RNN ve LSTM varyantları da dahil olmak üzere mevcut yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir. Bunlardan tek katmanlı RNN modelinde en olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu çalışma, hisse senedi fiyat tahminlerinin geliştirilmesiyle birlikte ortaya çıkan hibrit modellerin, yatırımcı kârını artırma potansiyelini ortaya koymuştur.

Güncel bulgular, EEMD ile ayrıştırılmış IMF bileşenlerinin yinelenen sinir ağları ile birleştirilmesinin, özellikle yön/işaret doğruluğu ve hata ölçütlerinde belirgin iyileşmeler sağladığını göstermektedir. EEMD+RNN yaklaşımı, yüksek frekanslı IMF'ler üzerinden kısa vadeli oynaklık sinyallerini, düşük frekanslı IMF'ler üzerinden ise trend bileşenlerini ayrışık biçimde modele taşıyarak gürültü baskılamayı ve genellenebilirliği artırmaktadır (Chacón vd., 2020). Bu kurgu, klasik tek kanallı LSTM'e kıyasla daha kararlı öğrenme ve daha düşük hata profili sergilemekte; non-stationary finansal serilerde bileşen-düzeyinde öğrenmenin etkinliğini desteklemektedir (Chacón vd., 2020).

Diğer bir çizgide, EMD+derin öğrenme bileşimleri, finansal piyasalarda daha güvenilir tahmin sinyalleri ve üstün öngörü performansı vadetmektedir. EMD'nin veri-odaklı/uyarlanabilir yapısı sayesinde, durağan olmayan karmaşık fiyat süreçleri IMF bileşenlerine ayrılarak modelin gördüğü örüntüler ölçek bazında sadeleşmekte; derin modellerin aşırı öğrenme eğilimi azalırken kısa ve uzun ufukta anlamlı kazanımlar elde edilmektedir (Jin vd., 2022). Bu bulgular, EMD tabanlı ön-işlemenin özellik mühendisliği rolü gördüğünü ve tahmini karar destek sinyallerine dönüştürmede etkin olduğunu göstermektedir (Jin vd., 2022).

En güncel katkılar arasında, CEEMDAN+LSTM mimarilerinin farklı endeks veri kümeleri üzerinde geniş kapsamlı doğruluk artışları rapor ettiği görülmektedir. CEEMDAN ile elde edilen IMF'lerin LSTM'e beslenmesi, yüksek frekanslı bileşenlerle kısa vadeli dalgalanmaların, düşük frekanslı bileşenlerle ise uzun vadeli eğilimlerin eşzamanlı olarak modellenmesini kolaylaştırmakta; bu da yön ve genlik öngörülerinde bütüncül bir iyileşmeye karşılık gelmektedir (Xu, 2024). Sonuçlar, CEEMDAN tabanlı ayrıştırmanın gürültüye dayanıklılığı ve ölçek-duyarlı öğrenmeyi destekleyen yapısı sayesinde, volatil piyasalarda daha istikrarlı tahminler üretebildiğini ortaya koymaktadır (Xu, 2024).

Dudukcu vd. (2023) kaotik zaman serisi tahmini için zamansal evrimsel ağı LSTM ve GRU gibi yinelenen katmanlarla birleştiren hibrit bir derin sinir ağı mimarisi önermiştir. Bu model, klasik makine öğrenimi ve derin sinir ağı modellerine göre üstün performans sergilemiş ve karmaşık zaman serisi tahmin etmede hibrit yaklaşımların etkinliğini ortaya koymuştur. Tüm çalışmalar doğrultusunda yapılan bu araştırma literatüre katkıları sonuç bölümünde özetlenmiştir.

2. Uygulama

Bu bölümde geliştirilen modelin yapısı açıklanmış; veri işleme süreci, analiz yöntemleri ve model aracılığıyla yürütülen finansal tahmin süreci detaylandırılmıştır. Bu kapsamda, finansal tahmin alanında gelişmiş sinir ağı modellerinin tahmin yeteneklerini araştırmak için kullanılan sistematik yaklaşım açıklanmıştır. Bu bölüm, tahmine dayalı modelleri oluşturmak ve geliştirmek için atılan adımları tek tek özetlemektedir. Bu çerçevede, veri ön işleme teknikleri, ampirik mod ayrıştırmasının (EMD) bir geliştirme aracı olarak seçilmesinin gerekçesi ve modelin mimarisine ilişkin kriterler detaylandırılmıştır. Ayrıca, tahminlerin güvenilirliğini sağlamak amacıyla modellerin eğitimi için takip edilen süreç, optimize edilen parametreler ve uygulanan doğrulama yöntemleri açıklanmıştır.

Bu çalışmada finansal zaman serilerinin durağan olmayan ve doğrusal olmayan yapısı dikkate alınarak iki aşamalı bir yaklaşım benimsenmiştir. İlk aşamada Ampirik Mod Ayrışımı (EMD) ile veriler farklı bileşenlere ayrılmış, böylece serideki gürültü ve farklı frekans unsurları daha düzenli alt sinyallere dönüştürülmüştür. Bu işlem, sonraki adımda kullanılacak verilerin daha anlaşılır hale gelmesine katkı sağlamaktadır.

İkinci aşamada ise İleri Beslemeli Sinir Ağı (Feed-Forward Neural Network, FFNN) kullanılmıştır. FFNN, ayrıştırılmış bileşenler üzerinden örüntüleri öğrenmeye çalışmakta ve böylece tahmin sürecine katkıda bulunmaktadır. Bu iki adımın birlikte kullanımı, kısa vadeli dalgalanmalar ile daha uzun vadeli eğilimlerin ayrı ayrı ele alınmasına imkân tanıyabilir. Dolayısıyla yaklaşımın, tahmin performansına olumlu yönde etkiler sunabileceği düşünülmektedir.

2.1. Veri Analizi

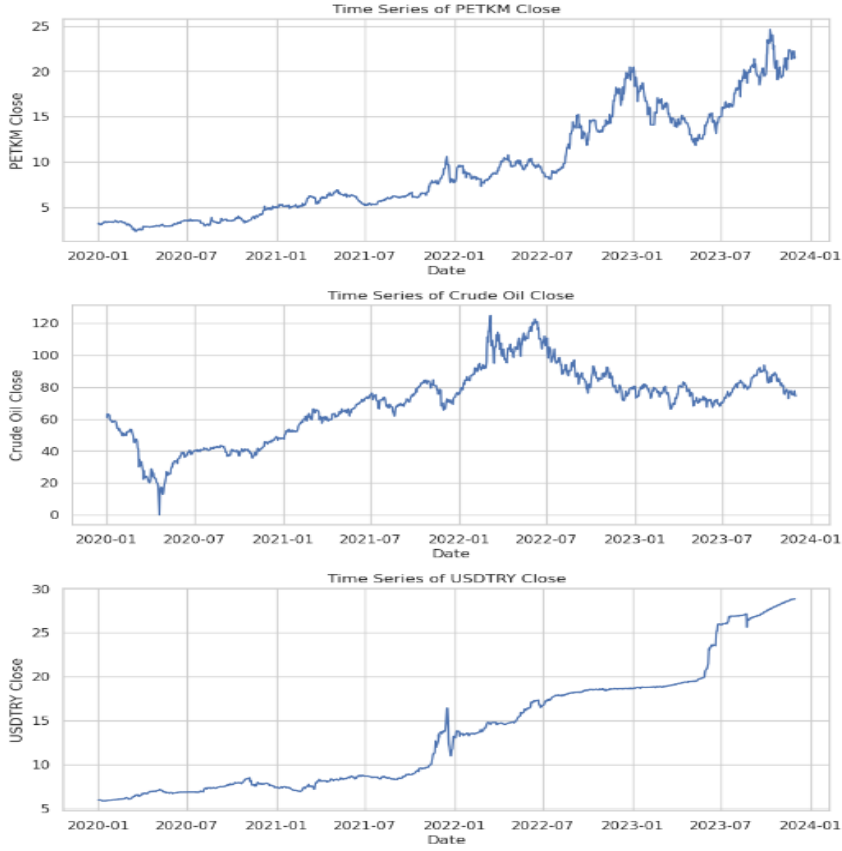
Başlık Çalışma kapsamında, Türkiye'nin ilk ve tek entegre petrokimya şirketi olan Petkim Petrokimya Holding A.Ş.'nin borsa verileri örneklem olarak seçilmiştir. Petkim A.Ş. termoplastik, elyaf, boya hammadde gibi yüksek katma değerli 60'a yakın petrokimya ürünüyle plastik, kimya, ambalaj, boru, boya, inşaat, tarım, otomotiv, elektronik, tekstil, ilaç, deterjan, kozmetik gibi birçok sektöre hammadde sağlamaktadır. 2022 yılında toplam 48,9 milyar TL satışı olan, Türkiye'nin petrokimyasal hammadde ihtiyacının yaklaşık %12'sini karşılayan bu şirket, ülke ekonomisi ve sanayisi için stratejik bir öneme sahiptir.

Çalışmada, Petkim hisse senedi fiyat değişimleri, ABD Doları ile Türk Lirası kur değişimi ve ham petrol fiyat değişimleriyle birlikte analiz edilmiştir. Çalışma kapsamındaki tüm veriler, finansal bilgiler için güvenilir bir kaynak olarak kabul edilen Yahoo Finance'den alınmıştır. Yahoo Finance, hem güncel hem de tarihsel açıdan kapsamlı, geriye dönük yüksek kaliteli ve doğrulanabilir veriler sunmaktadır. Bu bakımdan Yahoo Finance, tahminlere dayalı modellerin geliştirilmesine olanak tanıyan zengin bir veri kümesi sağlayarak, akademik yazında sıkça tercih edilmektedir.

Piyasanın COVID-19 salgınına tepkisini yakalamak amacıyla, araştırma dönemi olarak Ocak 2020- Ekim 2023 zaman aralığı seçilmiştir ve bu sayede veri kümesinin hem yüksek volatilitate hem de istikrar dönemlerini içermesi sağlanmıştır. Bu aralık, dış şokların ve sonraki iyileşme aşamalarının incelenen değişkenleri nasıl etkilediğine dair kapsamlı bir görünüm sağlamaktadır.

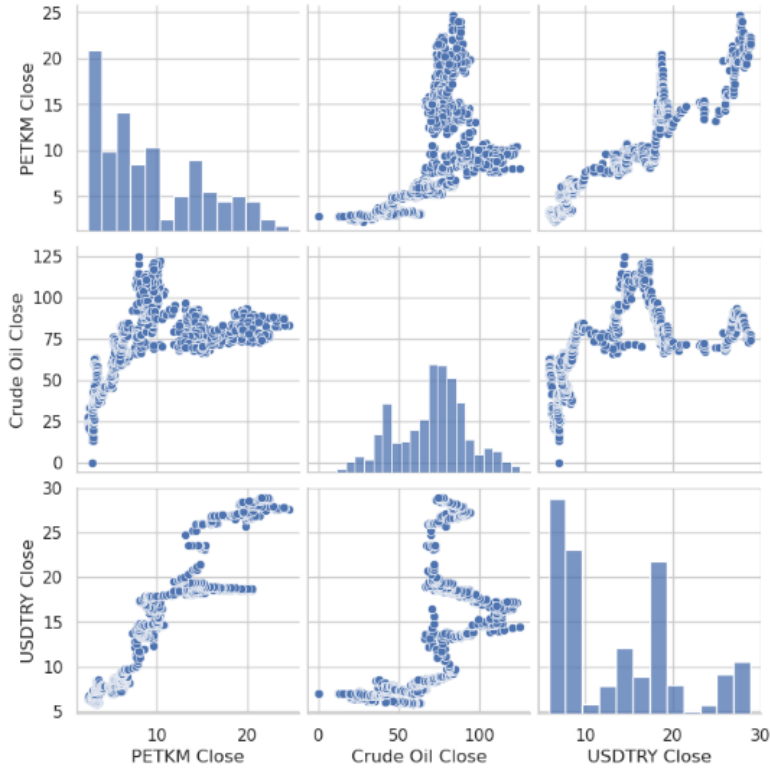
Araştırma kapsamında incelenen üç değişkenin Ocak 2020-Ekim 2023 zaman aralığındaki değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir:

Şekil 1. Değişkenler



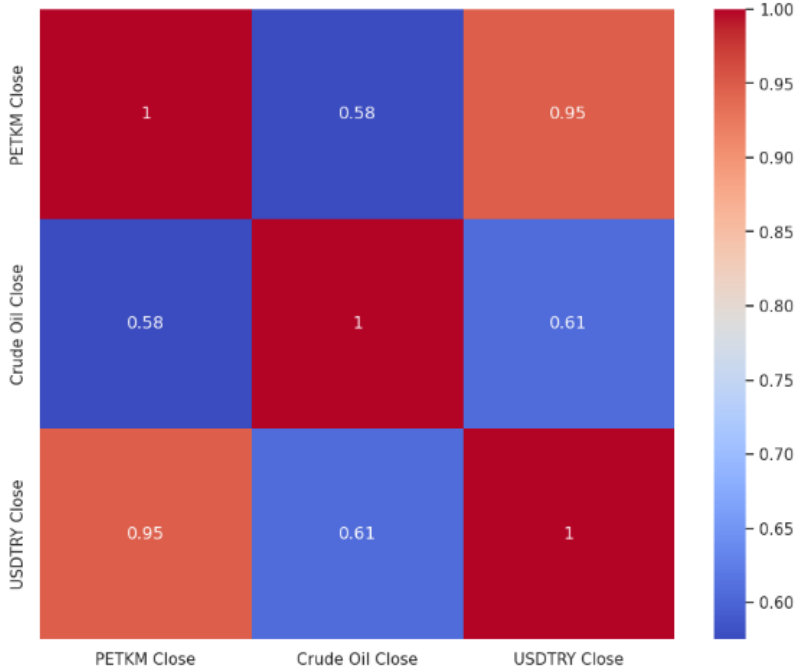
Şekil 1’de sunulan üç grafik sırasıyla PETKM hisse senedi fiyatı, USD/TRY döviz kuru ve ham petrol fiyatlarının 2020 başından 2024 başına kadar olan zaman dilimindeki değişimini göstermektedir. 2020 başından itibaren PETKM hisse fiyatları başlangıçta yatay ve düşük bir seviyede seyretmektedir. 2021 yılı ortasından sonra ise hisse fiyatlarında düzenli artışlar görülmektedir. Bu yükseliş eğilimi, dalgalanmalarla birlikte 2024 yılı başlarına kadar devam etmektedir. USD/TRY döviz kuru grafiğinde, 2020 yılından itibaren kademeli ve sürekli artan bir trend gözlenmektedir. Özellikle 2021 yılı sonlarından itibaren artışların ivmelendiği ve bazı dönemlerde keskin yükselişlerin yaşanmıştır. Ham petrol fiyatlarında 2020 yılının ilk döneminde keskin bir düşüş yaşanmış, ardından fiyatlar kademeli bir artış göstermiştir. Bu artış eğilimi 2022 yılı ortalarına kadar sürmüş ve bu dönem sonrasında fiyatlar dalgalı bir şekilde azalmaya başlamıştır.

Şekil 2. Parite Grafiği



Şekil 2’de yer alan Parite Grafiğinde (pair plot), PETKM hisse fiyatı, ham petrol fiyatı ve USD/TRY döviz kuru arasındaki ilişkiler gösterilmektedir. PETKM ve USD/TRY kuru arasında pozitif yönlü, fakat doğrusal olmayan bir ilişki görülmekte, USD/TRY kuru arttıkça PETKM fiyatlarının genel olarak arttığı gözlenmektedir. PETKM ve ham petrol fiyatları arasında ise belirgin ve güçlü bir ilişki bulunmamaktadır. Benzer şekilde ham petrol fiyatı ile USD/TRY döviz kuru arasında açık ve net bir ilişki olmadığı gözlenmektedir.

Şekil 3. Korelasyon Matrisi Isı Haritası



Şekil 3'te yer alan korelasyon matrisi ısı haritası, PETKM hisse fiyatı ile USD/TRY kuru arasında yüksek bir pozitif korelasyon görülmektedir. PETKM ile ham petrol fiyatı arasında orta düzeyde, ham petrol fiyatı ile USD/TRY kuru arasında ise yine orta düzeyde pozitif korelasyon bulunmaktadır. Tüm değişkenler arasında pozitif yönlü ilişkiler mevcut olup, en güçlü ilişki PETKM ve USD/TRY kuru arasındadır.

2.2. Veri Ön İşleme

Veri kümesinin ön işlenmesi, analiz sürecinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak amacıyla uygulanmış temel bir adımdır. Bu kapsamda ilk olarak veri temizleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, veri bütünlüğünü sağlamak üzere tutarsız ve hatalı girdiler belirlenmiş, eksik gözlemler uygun yöntemlerle tamamlanmış ve belirgin aykırılıklar düzeltilmiştir. Böylece analitik sonuçlarda meydana gelebilecek sapmaların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Temizleme sürecinin ardından, değişkenlerin farklı birim ve büyüklüklere sahip olması nedeniyle normleştirme adımı uygulanmıştır. Bu adımda, tüm değişkenlerin karşılaştırılabilir bir ölçekte ifade edilmesi sağlanmış ve farklı aralıklardan kaynaklanabilecek potansiyel yanlılıkların önlenmesi hedeflenmiştir.

2.3. Ampirik Mod Ayrıştırma (Empirical Mode Decomposition - EMD)

Ampirik Mod Ayrıştırma (EMD), karmaşık sinyalleri bileşenlerine ayırmak üzere geliştirilmiş, veri odaklı ve uyarlanabilir bir analiz yöntemidir. Bu teknik, zaman-frekans düzleminde, değişken genlik ve frekans

özelliklerine sahip bileşenlerin üst üste binmesiyle oluşan sinyallerin ayrıştırılmasında etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Daubechies vd., 2011).

EMD; meteoroloji, yapısal analiz ve tıbbi görüntüleme gibi çeşitli alanlarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Ancak, yöntemin keşifsel doğası ve geçici özellikleri, standart matematiksel çerçevelerle analiz edilmesini güçleştirmektedir (Daubechies vd., 2011).

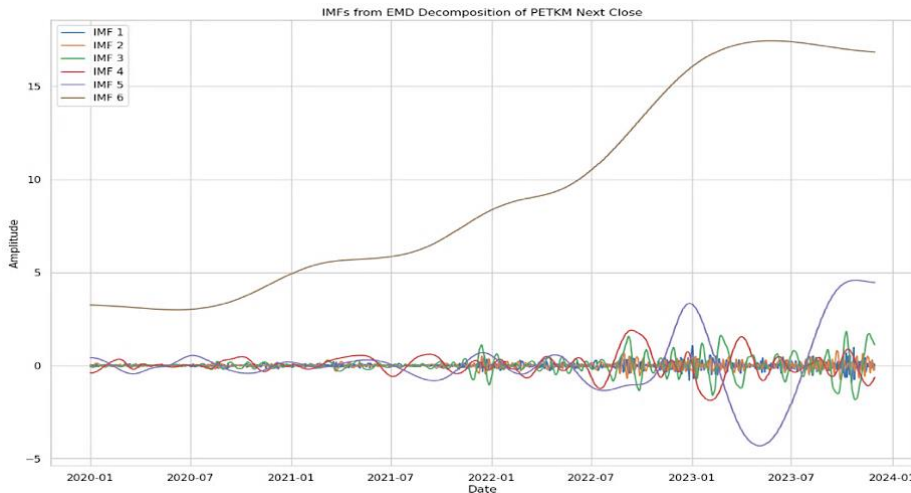
Hedef sinyal hakkında önceden bilgi gerektirmediği için EMD'nin uyarlanabilirliği bu yöntemin en güçlü yanlarından biridir. Bu doğal uyarlanabilirlik, asenkron motorlarda durum izleme uygulamasında görüldüğü gibi, onu dijital sinyal işlemede güçlü bir araç haline getirmektedir (Valtierra-Rodriguez vd., 2019).

Bu çalışmada, Petkim A.Ş.'ye ait hisse senedi fiyatlarının zaman serisi analizi kapsamında EMD yöntemi kullanılmıştır. Amaç, tipik olarak gürültü ve geçici trendler tarafından maskelenen içsel salınım modellerini ortaya çıkarmaktır. EMD uygulaması, ham verileri, her biri orijinal serinin farklı frekans ögelerini simgeleyen bir içsel mod fonksiyon (IMF) dizisine bölmüştür.

Petkim'in hisse fiyatlarının IMF'lere göre dağılımı, hisse senedi aktivitesinin derinlemesine incelenmesine olanak sağlamıştır. Her bir IMF, kısa vadeli dalgalanmalardan uzun vadeli eğilimlere kadar farklı osilasyon bileşenlerini temsil etmektedir. Zaman serilerini daha basit ve daha yorumlanabilir birimlere ayırmak, hisse senedi fiyat değişimlerinin karmaşık mekanizmalarını anlamak için çok önemlidir ve sinir ağları gibi sonraki modellerin tahmin potansiyelini güçlendirmede önemli bir adımdır.

Petkim hisselerinin analizinde EMD'nin kullanılması, hisse senedinin zamansal özelliklerine ilişkin bilgi sağlamanın yanı sıra, daha detaylı ve rafine bir modelleme stratejisinin de temelini atmıştır. Bu yaklaşım, EMD'nin finansal zaman serisi verilerinin karmaşık karakterini açığa çıkarma konusundaki üstün yeteneğinden yararlanmıştır.

Şekil 4. Ampirik Mod Ayrışımından Elde Edilen İçsel Mod Fonksiyonları

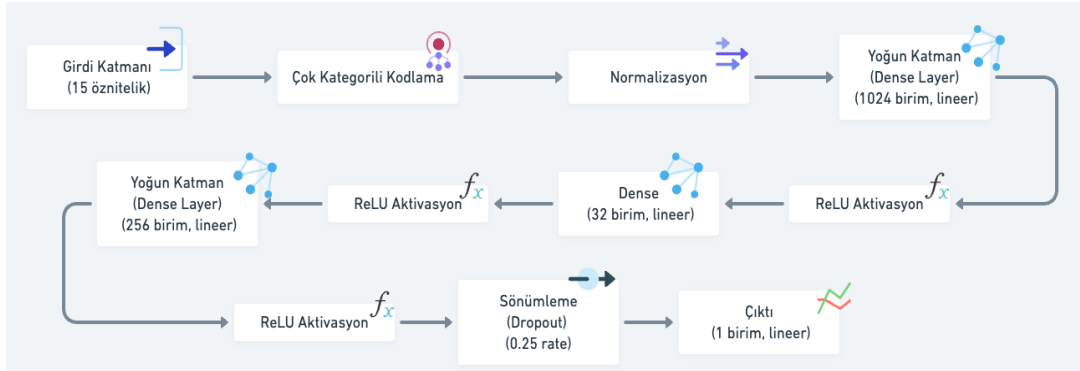


Şekil 4'te yer alan görsel, Petkim'in hisse senedi fiyatlarının ampirik mod ayrışımından elde edilen çıktıyı tasvir etmektedir. Şekil, verilerden çıkarılan farklı IMF'leri ve çeşitli sinyalleri göstermektedir. Şekil-4'ün incelenmesinden; IMF-6'nın hisse senedi fiyatındaki uzun vadeli hareketi yakalayarak, kademeli bir artışla birlikte genel trendi temsil ettiği görülecektir. 1'den 4'e kadar olan IMF'ler sıfır çizgisi etrafında dalgalanmış, her biri veride giderek daha ince taneli salınımlar yakalanmıştır. Bunların orta vadeli ve kısa vadeli piyasa döngülerine ve düzensizliklerine karşılık geldiği söylenebilir. IMF-5 bileşeni, zaman serisinin ikinci yarısında diğer modlardan belirgin şekilde ayrılmış olup, bu durum potansiyel bir yapısal kırılmaya veya trend değişikliğine işaret edebilir.

2.4. Sinir Ağları Modeli

Enerji hissesi fiyatlarının tahmin edilmesi amacıyla tasarlanan sinir ağı, basit bir ileri beslemeli mimariyi Ampirik Mod Ayrıştırma (EMD) ön işlemesi ile entegre edilmiştir. Söz konusu ileri beslemeli mimari Şekil 5'te özetlenmiştir:

Şekil 5. Sinir Ağı Mimarisi



Ampirik Mod Ayrıştırma (EMD) bileşenlerini sinir ağı modeline entegre etmek, yöntemimizin özgün yönünü oluşturmaktadır. Petkim'in hisse senedi fiyatlarına uygulanan EMD sürecinden elde edilen içsel mod fonksiyonları (IMF'ler) sinir ağı modeline, ek özellikler olarak dahil edilmiştir. Bu birleşme modele, hisse senedinin temel eğilimleri ve döngüleriyle ilgili, standart zaman serisi teknikleriyle yakalanması güç olan bileşenlere ilişkin tamamlayıcı bilgi sunması amacıyla yapılandırılmıştır.

Model hem orijinal zaman serisi verilerini hem de EMD yoluyla çıkarılan IMF'leri kapsayan bir veri seti üzerinde eğitime tabi tutulmuştur. Bu iki katmanlı eğitim süreci, modelin hem ham verilerden hem de ayrıştırılmış bileşenlerden öğrenme kapasitesini artırmayı amaçlamaktadır. EMD bileşenlerinin dahil edilmesinin, modelin karmaşık doğrusal olmayan kalıpları tespit etme becerisini güçlendirmesi ve böylece hisse senedi fiyat tahminlerinin hassasiyetini ve güvenilirliğini artırması beklenir.

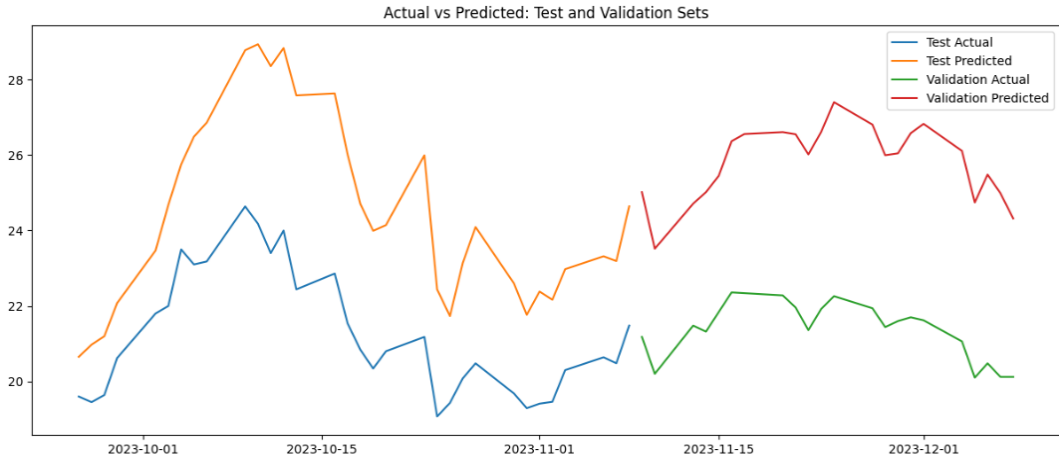
Model eğitim, test ve doğrulama setlerine bölünmüş bir veri kümesi kullanılarak eğitilmiştir. Veri kümesinin dağılımı "Eğitim: %75; Test: %15 ve Doğrulama: %10" şeklindedir. Bu dağılım, modelin büyük

ölçüde eğitim verisiyle geliştirilmesini, ardından test ve doğrulama veri kümeleriyle performansının değerlendirilmesini sağlamaktadır.

3. Bulgular

Şekil 6, Ampirik Mod Ayrıştırma (EMD) ile zenginleştirilmiş sinir ağı modelinin, Petkim enerji hisselerinin fiyat hareketlerini tahmin etmedeki performansını grafiksel olarak sunmaktadır. Grafik iki farklı kümeyi tasvir etmektedir. Bunlar; 1 Ekim 2023'ten 1 Aralık 2023'e kadar belirli bir zaman dilimi boyunca gerçek ve tahmin edilen değerlerle çizilmiş test ve doğrulama kümeleridir.

Şekil 6. Gerçek ve Tahmin Edilen Test ve Doğrulama Verileri



Şekil 6 incelendiğinde, her iki grupta da tahmin edilen ve gerçekleşen fiyat trendleri arasında kayda değer bir uyum olduğu görülmektedir. Modelin, fiyatların genel gidişatını takip etmedeki yeterliliği göze çarpmaktadır. Özellikle, modelin büyük hareketlere (fiyat çizgisindeki zirveler ve dip noktalar) ilişkin tahminleri gerçek değerlerle yakından uyumludur; bu da sinir ağının büyük fiyat değişikliklerini yönlendiren temel kalıpları öğrenebildiğini göstermektedir.

Ana hareketlerin doğruluğunu daha derinlemesine inceleyen model, özellikle gerçek fiyat verilerinde gözlemlenen geniş kapsamlı yükseliş ve düşüş trendlerini yakalamada dikkate değer bir doğruluk derecesi ortaya koymuştur. Örneğin, test setine göre yapılan tahminler; gerçek fiyatların Ekim ortasındaki keskin yükselişini ve ardından Ekim sonundaki düşüşünü yakından yansıtmıştır. Bu durum ağın, EMD ön işleme atfedilebilecek güçlü bir özellik çıkarma yeteneğini göstermiştir. Söz konusu özellik, ağın verilerdeki önemli döngüsel trendlere karşı duyarlılığını artırmaktadır.

Benzer şekilde, doğrulama seti tahminleri, tahmin edilen değerlerin gerçek fiyat hareketlerini hafif bir sapmayla takip etmesi nedeniyle modelin genelleme yeteneğini ön plana çıkarmaktadır. Tahmin edilen değerlerin gerçek fiyatların tepe ve dip noktalarıyla tam olarak eşleşmediği durumlar olmasına rağmen

genel yön doğruluğu korunmuştur. Bu durum, modelin genel trendi etkili bir şekilde yakaladığını ancak, noktasal tahmin doğruluğunu artırmak için bazı iyileştirmelerin gerekli olabileceğini göstermektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, Petkim enerji hisselerine yönelik hisse senedi fiyat tahminlerinin doğruluğunu artırmak amacıyla sinir ağı tabanlı bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu amaçla, Ampirik Mod Ayrıştırma (EMD), sinir ağı modellerine dahil edilmiş ve bunun hisse senedi fiyatlarını tahmin etmedeki verimliliği, özellikle de finansal zaman serisi verilerindeki karmaşık, doğrusal olmayan kalıpları kavrama yeteneği değerlendirilmiştir.

Sinir ağı modelinin temel başarıları, özellikle enerji hisse senedi fiyatları bağlamında dikkate değer olan, önemli piyasa eğilimlerini tahmin etme konusundaki üstün yeteneğinde yatmaktadır. EMD entegrasyonu, modelin piyasa verilerindeki temel eğilimleri daha net biçimde ayırt etmesine katkı sunmuştur. Bu doğruluk sadece sayısal doğrulukla sınırlı kalmayıp, fiyat hareketlerini yönlendiren olası ekonomik eğilimleri de yansıttığı düşünülmektedir.

Modelin bu hareketleri tahmin etmedeki doğruluğu, analitik gücü hakkında çok şey söylemektedir. Petkim enerji hissesi fiyatlarında görülen hızlı yükseliş ve düşüşler gibi karmaşık fiyat dinamiklerinin doğru şekilde yansıtılması, piyasa katılımcıları için güçlü bir araç sağlamıştır. Model, piyasa tahminlerinde destekleyici bir analiz aracı olarak değerlendirilebilir.

Sinir ağları ile Ampirik Mod Ayrıştırma'nın (EMD) birleştirilmesi, finansal zaman serilerinin tahmine dayalı modellemesinde önemli bir gelişmedir. Bu, EMD'nin karmaşık veri yapılarıyla baş etmedeki yeterliliğine ilişkin Daubechies vd. (2011)'nin çalışmalarıyla örtüşmektedir. Bu araştırma, EMD'nin içsel mod fonksiyonlarının sinir ağı modellerine dahil edilmesinin tahmin doğruluğunu önemli ölçüde artırdığını doğrulamıştır. Bu durum, yüksek R² puanları ve azaltılmış hata ölçümleriyle yansıtılmıştır. Söz konusu bütünlendirici yöntemin geleneksel modellerle çoğu zaman ulaşılamayan finansal piyasaların karmaşık dinamiklerini yakalamadaki etkinliği ortaya koyulmuştur.

Ayrıca bu çalışma, ileri sinyal işleme yöntemlerinin tahmin modellerinin doğruluğu üzerindeki etkisini ortaya koyarak finansal tahmin alanına önemli bir katkı sağlamıştır. EMD'nin sinir ağlarıyla birleşimi, Valtierra-Rodriguez vd. (2019) tarafından da belirtildiği gibi, finansal zaman serisi verilerinin karmaşıklığını ele alırken geleneksel tahmin tekniklerinin eksikliklerini ortadan kaldırmıştır. Bu çalışma, sinir ağı modellerine EMD entegrasyonunun tahmin doğruluğuna katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Araştırma, sinir ağı modellerinde EMD ile işlenmiş içsel mod fonksiyonlarının kullanımı yoluyla zaman serisi verilerinin analizini geliştirerek, Sezer ve Ozbayoglu (2018) tarafından sunulan yöntemi enerji sektörüne uyarlayarak kapsamını genişletmiştir. Çalışmada kullanılan yöntem, CNN analizi için zaman serilerini 2 boyutlu görüntülere dönüştürmenin ötesine geçmiş ve bunun yerine sinir ağının zaman serisi verilerini yorumlama yeteneğini geliştirmek için doğrudan EMD'yi uygulayarak literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmuştur.

Cao vd. (2019) hibrit tahmin modellerinde EMD'yi LSTM ile birleştirmenin etkinliğini göstermiştir. Kullandıkları model, tekli LSTM modelleri ve diğer hibrit yaklaşımlara göre üstün performans göstermiştir. Bulgulardan yola çıkarak, bu çalışma EMD-derin öğrenme modelini Petkim enerji hisse fiyatlarına özel uygulayarak söz konusu çalışmadaki metodolojiyi genişletmiştir.

Lahmire (2016) EMD'nin ekonomik ve finansal tahminlerdeki etkinliğine ilişkin bulgularından yararlanan bu çalışma, EMD'yi enerji hisse senedi fiyatlarının tahmin edilmesine yönelik karmaşık bir çalışmaya uygun sinir ağlarıyla bütünleştirmiştir. Sinir ağının tahmin yeteneklerini geliştirmek için EMD'yi dahil eden bu çalışma, Lahmire'nin çalışmasını da bu anlamda ileriye götürmüştür.

Gelişmiş dizi oluşturma ve optimizasyon tekniklerini içeren metodolojimiz, derin evrimsel mimarileri finansal zaman serisi tahminine uygulayan Borovykh vd. (2017) yöntemini temel alarak geliştirmiştir.

Araştırmanın sonuçları, belirgin oynaklığı ve karmaşık faktörleriyle dikkat çeken (Kara vd., 2011) enerji borsası için de önemli sonuçlar doğurmuştur. EMD tarafından geliştirilen sinir ağı modeli, bu sektörde hisse senedi fiyatlarını tahmin etmek için güçlü bir araç olarak öne çıkmış ve hassas tahminlere güvenen yatırımcılar ve analistler için önemli bir gelişme olmuştur. Bu gelişme ile birlikte ortaya çıkacak daha iyi tahmin yetenekleri; portföy yönetimini, risk değerlendirmesini ve yatırım stratejilerini iyileştirerek, daha istikrarlı ve yetkin finansal piyasalar oluşmasına katkıda bulunabilecektir.

Bu çalışmanın bulguları, sinir ağı modellerinin finansal tahminlerdeki uygulanabilirliğini geliştirmek adına farklı sektörler ve değişkenlerle genişletilebilecek ileri araştırmaların önünü açmaktadır. Analitik kapsamın farklı sektörlerdeki çeşitli hisse senetlerini kapsayacak şekilde genişletilmesi, bu sonuçların farklı alanlara yayılmasını sağlayacak ve doğruluğunu artıracaktır. Sinir ağlarıyla birlikte diğer karmaşık sinyal işleme yöntemlerinin araştırılması, gelecekte yeni yöntemler ortaya çıkarabilir. Ayrıca, çeşitli medya kaynaklarından alınan makroekonomik göstergelerin ve duyarlılık analizlerinin birleştirilmesi, borsa tahminlerine daha bütünsel bir yaklaşım sağlayabilecektir.

Kaynakça

Aghabozorgi, S., Seyed, S., A. ve Ying, W. T. (2015). Time-series clustering – A decade review. *Information Systems*, 53, 16-38. <https://doi.org/10.1016/J.IS.2015.04.007>

Bachelier, L. (1900). Théorie de la spéculation. *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 17, 21-86. <https://doi.org/10.24033/asens.476>

Bao, W., Yue, J. ve Rao, Y. (2017). A deep learning framework for financial time series using stacked autoencoders and long-short term memory. *Plos One*, 12(7). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0180944>

Barra, S., Carta, S. M., Corrigan, A., Podda, A. S. ve Recupero, D. R. (2020). Deep learning and time series-to-image encoding for financial forecasting. *IEEE/CAA Journal of Automatic Sinica*, 7(3), 683-692. <https://doi.org/10.1109/JAS.2020.1003132>

Borovykh, A., Bohte, S. ve Oosterlee, C. W. (2017). Conditional time series forecasting with convolutional neural networks. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10614 LNCS, 729-730. <https://arxiv.org/abs/1703.04691v5>

Cao, J., Li, Z. ve Li, J. (2019). Financial time series forecasting model based on CEEMDAN and LSTM. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 519, 127-139. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2018.11.061>

- Chacón, H. D., Kesici E. ve Najafirad P. (2020). Improving financial time series prediction accuracy using ensemble empirical mode decomposition and recurrent neural networks. *IEEE Access*, 8, 117133-45. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2996981>
- Chen, J. F., Chen, W. L., Huang, C. P., Huang, S. H. ve Chen, A. P. (2017). *Financial time-series data analysis using deep convolutional neural networks* [Bildiri]. 7th International Conference on Cloud Computing and Big Data, CCBBD, Macau, China, 87-92. <https://doi.org/10.1109/CCBD.2016.027>
- Chimmula, V. K. R. ve Zhang, L. (2020). Time series forecasting of COVID-19 transmission in Canada using LSTM networks. *Chaos, Solitons & Fractals*, 135. <https://doi.org/10.1016/J.CHAOS.2020.109864>
- Daubechies, I., Lu, J. ve Wu, H. T. (2011). Synchrosqueezed wavelet transforms: An empirical mode decomposition-like tool. *Applied and Computational Harmonic Analysis*, 30(2), 243-261. <https://doi.org/10.1016/J.ACHA.2010.08.002>
- Du, Y., Wang, J., Feng, W., Pan, S., Qin, T., Xu, R. ve Wang, C. (2021). AdaRNN: Adaptive learning and forecasting of time series. *International Conference on Information and Knowledge Management*, 402-411. <https://doi.org/10.1145/3459637.3482315>
- Dudukcu, H. V., Taskiran, M., Cam Taskiran, Z. G. ve Yildirim, T. (2023). Temporal convolutional networks with RNN approach for chaotic time series prediction. *Applied Soft Computing*, 133. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2022.109945>
- Gamboa, J. C. B. (2017). *Deep learning for time-series analysis*. <https://arxiv.org/abs/1701.01887v1>
- Huang, H., Lou, Y., Lei, L., Li, H. (2017). *WNN prediction model of stock price with input dimensions reduced by rough set* [Bildiri]. 2017 International Conference on Education, Economics and Management Research (ICEEMR 2017). 107-110. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/ICEEMR-17.2017.27>
- Jaramillo, J., Velasquez, J. D. ve Franco, C. J. (2017). Research in financial time series forecasting with SVM: Contributions from literature. *IEEE Latin America Transactions*, 15(1), 145-153. <https://doi.org/10.1109/TLA.2017.7827918>
- Jin, Z., Jin, Y. ve Chen, Z. (2022). Empirical mode decomposition using deep learning model for financial market forecasting, *PeerJ Computer Science*, 8. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1076>
- Kara, Y., Acar Boyacioglu, M. ve Baykan, Ö. K. (2011). Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the Istanbul Stock Exchange. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5311-5319. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2010.10.027>
- Lahmiri, S. (2016). A variational mode decomposition approach for analysis and forecasting of economic and financial time series. *Expert Systems with Applications*, 55, 268-273. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2016.02.025>

Lim, B., Arık, S., Loeff, N. ve Pfister, T. (2021). Temporal fusion transformers for interpretable multi-horizon time series forecasting. *International Journal of Forecasting*, 37(4), 1748-1764. <https://doi.org/10.1016/J.IJFORECAST.2021.03.012>

Liu, H., Qi, L. ve Sun, M. (2022). Short-Term stock price prediction based on CAE-LSTM method. *Wireless Communications and Mobile Computing*. <https://doi.org/10.1155/2022/4809632>

Livieris, I. E., Pintelas, E. ve Pintelas, P. (2020). A CNN–LSTM model for gold price time-series forecasting. *Neural Computing and Applications*, 32(23), 17351-17360. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04867-x>

Mahalakshmi, G., Sridevi, S. ve Rajaram, S. (2016, 07-09 Ocak). *A survey on forecasting of time series data* [Bildiri]. 2016 International Conference on Computing Technologies and Intelligent Data Engineering, ICCTIDE Kovilpatti, India. <https://doi.org/10.1109/ICCTIDE.2016.7725358>

Mallikarjuna, M. ve Rao, R. P. (2019). Evaluation of forecasting methods from selected stock market returns. *Financial Innovation*, 5(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0157-x>

Mansor, R., Zaini, B. J. ve Yusof, N. (2019). Prediction stock price movement using subsethood and weighted subsethood fuzzy time series models. *AIP Conference Proceedings*, 2138(1). <https://doi.org/10.1063/1.5121123>

Masini, R. P., Medeiros, M. C. ve Mendes, E. F. (2023). Machine learning advances for time series forecasting. *Journal of Economic Surveys*, 37(1), 76-111. <https://doi.org/10.1111/JOES.12429>

Nova, A. J., Mim, Z. Q., Rowshan, S., Islam, Md. R. U., Nurullah, M. ve Biswas, M. (2021). Stock market prediction on high-frequency data using ANN. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 10(3), 1-12. <https://doi.org/10.9734/AJRCOS/2021/V10I230241>

Oreshkin, B. N., Carpov, D., Chapados, N. ve Bengio, Y. (2019). N-BEATS: Neural basis expansion analysis for interpretable time series forecasting. *8th International Conference on Learning Representations, ICLR 2020*. <https://arxiv.org/abs/1905.10437v4>

Sagheer, A. ve Kotb, M. (2019). Time series forecasting of petroleum production using deep LSTM recurrent networks. *Neurocomputing*, 323, 203-213. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2018.09.082>

Sezer, O. B., Gudelek, M. U. ve Ozbayoglu, A. M. (2020). Financial time series forecasting with deep learning: A systematic literature review: 2005–2019. *Applied Soft Computing*, 90. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2020.106181>

Sezer, O. B. ve Ozbayoglu, A. M. (2018). Algorithmic financial trading with deep convolutional neural networks: Time series to image conversion approach. *Applied Soft Computing*, 70, 525-538. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2018.04.024>

Siami-Namini, S., Tavakoli, N. ve Siami Namin, A. (2018, 17-20 Aralık). *A comparison of ARIMA and LSTM in forecasting time series* [Bildiri]. 17th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications, ICMLA 2018, Orlando, FL, USA, 1394-1401. <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2018.00227>

Tealab, A. (2018). Time series forecasting using artificial neural networks methodologies: A systematic review. *Future Computing and Informatics Journal*, 3(2), 334-340. <https://doi.org/10.1016/J.FCIJ.2018.10.003>

Thomakos, D. D. ve Nikolopoulos, K. (2015). Forecasting multivariate time series with the theta method. *Journal of Forecasting*, 34(3), 220-229. <https://doi.org/10.1002/FOR.2334>

Valtierra-Rodriguez, M., Amezcua-Sanchez, J. P., Garcia-Perez, A. ve Camarena-Martinez, D. (2019). Complete ensemble empirical mode decomposition on FPGA for condition monitoring of broken bars in induction motors. *Mathematics*, 7(9), 783. <https://doi.org/10.3390/MATH7090783>

Wang, Y. (2017). Stock market forecasting with financial micro-blog based on sentiment and time series analysis. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, 22(2), 173-179. <https://doi.org/10.1007/S12204-017-1818-4>

Wu, N., Green, B., Ben, X. ve O'Banion, S. (2020). *Deep Transformer Models for Time Series Forecasting: The Influenza Prevalence Case*. <https://arxiv.org/abs/2001.08317v1>

Wu, Z., Pan, S., Long, G., Jiang, J., Chang, X. ve Zhang, C. (2020). Connecting the dots: Multivariate time series forecasting with graph neural networks. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 753-763. <https://doi.org/10.1145/3394486.3403118>

Xu, Y. (2024). Financial time series forecasting based on long-short term memory, complete ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise and batch normalization. *Science and Technology of Engineering, Chemistry and Environmental Protection*, 1(9). <https://doi.org/10.61173/rfsdha76>

Zaheer, S., Anjum, N., Hussain, S., Algarni, A. D., Iqbal, J., Bourouis, S. ve Ullah, S. S. (2023). A Multi parameter forecasting for stock time series data using LSTM and deep learning model. *Mathematics*, 11(3), 590. <https://doi.org/10.3390/MATH11030590>

Extended Abstract

The energy sector, an essential component of the global economy, features a dynamic and volatile stock market influenced by geopolitical events, environmental policies, and fluctuations in global energy demand. Predicting stock prices within this sector is challenging due to the complexity and variability of influential factors, making traditional forecasting methods often inadequate. Conventional models, primarily based on technical data for short-term predictions, frequently struggle to encapsulate the broader market dynamics beyond mere numerical values. With advancements in statistics and technology, sophisticated predictive models have emerged, challenging the Efficient Market Hypothesis—a concept with roots in Louis Bachelier's (1900) seminal work—which posits the unpredictability of future price movements. This study aims to explore the potential for enhancing the accuracy and reliability of stock price predictions by integrating Empirical Mode Decomposition (EMD) with neural networks. The research focuses on an empirical application using the stock prices of Petkim Petrokimya Holding A.Ş., Turkey's leading integrated petrochemical company, thereby investigating the model's performance within the specific context of an emerging market. The Petkim's stock price is analyzed with USD/TRY exchange rates and crude oil price changes together. The primary objectives are to investigate potential improvements in the precision of stock price forecasts by combining EMD with neural networks and to analyse the effectiveness of EMD in neural network models for predicting stock prices.

The study utilized the stock market data of Petkim Petrokimya Holding A.Ş., covering various metrics like stock closing prices, USD/TRY exchange rates and crude oil price changes. The data was collected from Yahoo Finance, a widely used source for comprehensive historical and current financial information. The research period spanned from January 2020 to October 2023, encompassing both high volatility and stability phases to allow for a more thorough evaluation of the model under different market conditions.

Empirical Mode Decomposition (EMD) was employed as a signal processing technique to deconstruct complex financial time series data into intrinsic mode functions (IMFs), with the goal of potentially enhancing the neural network's predictive capabilities by providing more structured inputs related to underlying patterns in stock price movements. EMD is integrated with a neural network to explore whether this combination can more effectively capture the complex, nonlinear patterns often present in financial time series data compared to standalone models.

The preliminary data analysis suggested notable correlations between variables. The pair plot and heat map illuminated the interdependencies between crude oil prices, Petkim stock prices, and the USD/TRY exchange rate, providing initial information on the relationships between these key financial indicators. The presence of moderate to strong positive correlations indicated that these variables likely do not act independently of each other and may be influenced by common or related economic forces.

The empirical analysis suggests that integrating EMD with neural networks may contribute to the predictive accuracy of stock prices for Petkim Petrokimya Holding A.Ş. The model appeared to capture the general trend and significant movements in the stock prices, reflecting both rapid increases and decreases akin to the market's dynamic nature. A comparison between the standard neural network performance and the EMD-enhanced model indicated a potential improvement in forecasting accuracy, with the integrated approach seemingly identifying the cyclic trends and irregularities masked by noise in the original time series data more effectively.

The integration of Empirical Mode Decomposition (EMD) with neural networks represents a promising direction in financial forecasting, particularly within the volatile context of the energy sector. The findings of this study are consistent with the potential of EMD to enhance the predictive performance of neural network models, offering further insights into the intricate dynamics governing stock prices. The EMD-enhanced model suggests an enhanced capacity to forecast significant market movements and may help inform a methodological framework

for applying advanced signal processing techniques in combination with machine learning models for financial predictions.

This research contributes to the financial forecasting literature by exploring the potential benefits of combining advanced signal processing techniques with machine learning models. A key aspect of this work is its application within the energy sector of an emerging market, a context where such hybrid models have been less extensively studied. Furthermore, the findings point towards the practical applicability of the EMD-enhanced neural network model in capturing essential characteristics of financial time series data, offering potentially useful insights for investors, policymakers, and analysts seeking to navigate the complexities of the energy market.

Future research could extend this work by exploring the integration of EMD with other types of neural networks or machine learning models, investigating the applicability of this approach to different sectors or markets, and incorporating additional variables or data sources to potentially refine the predictive accuracy further. The encouraging results from this model in forecasting stock prices for Petkim Petrokimya Holding A.Ş. support the potential of this integrated approach to contribute to financial forecasting practices across various domains.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanları
Research and Publication Ethics Statements

Benzerlik Oranı <i>Similarity Rate</i>	<p>Çalışmanın intihal.net tarafından gerçekleştirilen taramada benzerlik oranı %6 olarak tespit edilmiştir.</p> <p><i>The similarity rate of the article performed by intihal.net was determined as 6%.</i></p>
Hakem Değerlendirmesi <i>Peer-Review Evaluation</i>	<p>Bu çalışma Editör Kurulu tarafından belirlenen ve çalışma konusunda uzmanlığı bulunan 2 hakem tarafından çift yönlü kör hakemlik prensibiyle değerlendirilerek yayıma uygun görülmüştür.</p> <p><i>This study has been evaluated by 2 referees determined by the Editorial Board and having expertise in the field of study with the principle of double-blind peer-reviewing and deemed suitable for publication.</i></p>
Tekrar Kullanım <i>Reuse</i>	<p>Çalışma herhangi bir tez veya bildiriden üretilmemiştir.</p> <p><i>This study has not been derived from any thesis or conference paper.</i></p>
Yapay Zekâ Kullanımı <i>Use of Artificial Intelligence</i>	<p>Bu çalışmanın İngilizce bölümlerinin çevirisinde DeepL yapay zekâ destekli çeviri aracı kullanılmış, çeviri yazar tarafından kontrol edilerek gerekli düzenlemeler yapılmıştır.</p> <p><i>In the translation of the English sections of this study, DeepL artificial intelligence assisted translation tool was used, the translation was checked by the author and necessary arrangements were made.</i></p>
Katkı Oranı <i>Contributions</i>	<p>Çalışma tek yazarlıdır.</p> <p><i>This study is single-authored.</i></p>
Çıkar Çatışması <i>Conflict of Interest</i>	<p>Herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.</p> <p><i>There is no conflict of interest with any institution or individual.</i></p>
Destek/Teşekkür <i>Support/Acknowledgement</i>	<p>Çalışma için herhangi bir kurum, kişi veya projeden destek alınmamıştır.</p> <p><i>No support was received from any institution, individual, or project for this study.</i></p>
Etik Kurul Onayı <i>Ethics Committee Approval</i>	<p>Etik Kurul onayına gerek bulunmamaktadır.</p> <p><i>Ethics Committee approval is not required.</i></p>
Ölçek Kullanım İzni <i>Scale Use Permission</i>	<p>Ölçek iznine gerek bulunmamaktadır.</p> <p><i>Scale permission is not required.</i></p>