



Araştırma Makalesi • Research Article

Special Issue on *International Conference on Empirical Economics and Social Science (ICEESS' 18)*, 27-28 June, 2018, Bandırma, Turkey

ARPS Düşüş Eğrisi Modelinden Genişletilen Çok Değişkenli Doğrusal Olmayan Model ile Altın Fiyatlarının Analiz Edilmesi

Analysis of Gold Prices with Multivariate Nonlinear Model Extended from the ARPS' Decline Curve Model

Ufuk Çelik^{a,*}, Çağatay Başarır^b

^a Dr. Öğr. Üyesi, Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Ömer Seyfettin Uygulamalı Bilimler Fak., Yönetim Bilişim Sistemleri Böl., 10200, Balıkesir/Türkiye. ORCID: 0000-0003-3063-6272

^b Dr. Öğr. Üyesi, Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Ömer Seyfettin Uygulamalı Bilimler Fak., Uluslararası Tic. ve Lojistik Böl., 10200, Balıkesir/Türkiye. ORCID: 0000-0002- 6234-0524

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 30 Eylül 2018

Düzeltilme tarihi:

Kabul tarihi:

Anahtar Kelimeler:

Altın Fiyatları

Tahmin

Makro Ekonomik Değişkenler

ÖZ

Bu çalışmada, ARPS düşüş eğrisi modelinden genişletilen KNEA algoritması kullanılarak altın fiyatları tahminlenmiştir. Petrol üretim miktarları tahminlemede kullanılan ARPS düşüş eğrileri, üretim kapasitesi ve onu etkileyen faktörler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi ortaya koyması, KNEA sayesinde giriş verilerini doğrusal olmayan kombinasyonda sağlaması ile zaman serisindeki kaçınılmaz (aşırı küçük veya büyük) eksiklikler tahmin edilebilir. Analiz için 04.01.2010 ile 14.12.2015 tarihleri arasındaki altın, gümüş, platin, paladyum, Brent Petrol, doğalgaz, 5, 10 ve 30 yıllık bono, S&P500, Nasdaq, DowJones, FTSE100, DAX, CAC40, SMI, NIKKEI, HANH, SEND ve Avro/Dolar verilerine odaklanılmıştır. Toplamda 1447 adet veriden, test amaçlı 10 günlük 2015 Aralık ayı verilerinin tahminlemede Mutlak Ortalama Sapması 6.926, Ortalama Kare Hatası 66.348, Kök Ortalama Kareler Hatası 8.145 ve Mutlak Ortalama Yüzde Hatası ise 0.65 bulunmuştur.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 September 2018

Received in revised form

Accepted

Keywords:

Gold Prices

Forecast

Macro Economic Variables

ABSTRACT

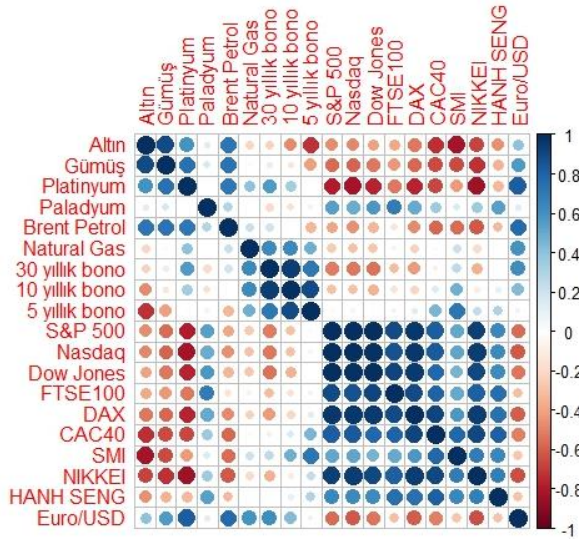
In this study, gold prices are estimated by using KNEA algorithm, which is extended from ARPS decline curve model. ARPS decline curves that are used in predicting oil production quantities provides a good indication of the nonlinear relationship between production capacity and influencing factors, KNEA provides input data in non-linear combination, and inevitable (extreme small or large) deficiencies in time series can be estimated. The study focused on gold, silver, platinum, palladium, Brent Petrol, Natural Gas, 5, 10 and 30-year bonds, S&P500, Nasdaq, DowJones, FTSE100, DAX, CAC40, SMI, NIKKEI, HANH, SEND and Euro/Dollar data between January 4, 2010 and December 14, 2015 for analysis. For testing, 10 days of the 2015 December data were calculated as Mean Absolute Deviation 6.926, Mean Square Error 66.348, Root Mean Square Error 8.145 and Mean Absolute Percentage Error 0.65 from the 1447 days in total data.

1. Giriş

Kıymetli madenler geçmişten günümüze kadar, alternatif finansman araçları olarak her zaman ekonomi dünyasında yerini almış ve almaya devam edecektir. Özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ekonomilerde kıymetli madenler içerisinde yer alan altın daima güvenilir liman olarak görülmüştür. Altının diğer madenlerden en önemli farkı ise yüksek düzeyde likit olması ve fiyat değişmelerine hızlı bir

şekilde cevap vermesi gösterilebilir. Bu doğrultuda altın fiyatlarının doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerek yatırımcılar, gerek araştırmacılar gerekse hükümetler tarafından daima dikkat çekten bir konu olmuştur ve olmaya da devam edecektir. Fakat altın ve benzeri kıymetli madenlerin fiyatlarının doğru bir şekilde tahmin edilmesi çok zordur. Bunun en önemli sebeplerinden bir tanesi bu tip madenlerin fiyatlarını etkileyen çok fazla sayıda rassal değişkenin söz konusu olmasıdır.

* Sorumlu yazar/Corresponding author.
e-posta: ucelik@bandirma.edu.tr

Grafik 1. 4 Ocak 2010 ile 14 Aralık 2015 Tarihleri Arasındaki Verilerin Korelasyon Matrisi

Grafik 1’de bu çalışmada kullanılan verilerin korelasyon matrisi yer almaktadır. Burada mavi işaret korelasyonun pozitif yönünü, kırmızı ise negatif yönünü gösterirken dairelerin büyüklüğü ve küçüklüğü ise korelasyonun derecesini temsil etmektedir.

Altın, Uluslararası Para Fonu (IMF) tarafından para ölçüsü olarak kullanılan tek kıymetli madendir. Bankacılık ve para sistemlerinin kurulması, organize borsalarda emtiaların fiyatlarının belirlenmesi, sömürgecilik, “Altına Hücum” fenomeni, altın ve gümüşün insan hayatına kazandırdığı ve günümüzde de anlamı olan kavramlardır. Söz konusu kavramlara ek olarak kıymetli madenler günümüzde uluslararası ticarete, sanayide, spekülasyonlarda, servetin muhafaza edilmesi gibi boyutlar aracılığıyla insan hayatında önemli bir yer tutmaktadır.

Altının özellikle ekonomik dalgalanmaların yoğun olduğu zamanlarda artan bir şekilde talep gördüğü ve daima yatırımcılar tarafından güvenilir bir liman olarak görüldüğü bilinmektedir. Yatırımcıların güvenilir limanının fiyatlarının

doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi büyük önem arz etmektedir.

Çalışmanın temel amacı; literatürde altın fiyatlarını etkilediği düşünülen bir takım değişkenler ile altın fiyatlarını ARPS düşüş eğrileri modelinin genişletilmiş bir versiyonu olan çekirdek doğrusal olmayan Arps genişletilmesi “Kernel Nonlinear Extension of Arps” (KNEA) modeli ile tahmin etmektir.

2. Literatür Araştırması

Literatür detaylı bir şekilde incelendiğinde gerek klasik regresyon ve zaman serisi analizi teknikleri ile olsun gerekse yapay zeka olarak nitelendirdiğimiz algoritmalar ile olsun çok farklı çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların bir kısmında sadece bulunan ülke için analizler yapılırken bir kısmında ise dünya altın fiyatları üzerine analizlerin yapıldığı görülmektedir.

Ayrıca altın fiyatlarına yönelik olarak yapılan çalışmalar üç ayrı grupta değerlendirilebilir. Bir takım çalışmalar altın fiyatlarını etkileyen veya etkilediği düşünülen farklı makroekonomik ve finansal değişkenler ile altın fiyatlarının ilişkisinden yola çıkarak yapılan tahminler (Koutsoyiannis, 1983; Kaufmann ve Winters, 1989; Dooley, Isard ve Taylor, 1995; Sjaastad ve Scaccivillani, 1996; Topçu, 2010; Toraman, Başarır, Bayramoğlu, 2011; Atay, 2013; Küçükaksoy ve Yalçın, 2017), bir kısmında altın fiyatları üzerine yapılan spekülasyon ve altın fiyatlarının geçmiş değerleri ile altın fiyatlarının tahminine yönelik olarak yapılan (Kutlar ve Turgut 2006; Benli ve Yıldız, 2014; Paksoy, 2017) analizlerdir.

Bunun dışında yapay zeka teknikleri kullanılarak da (Benli ve Yıldız, 2014; Chamzini, 2012; Yüksel ve Akkoç, 2016; Kocatepe ve Yıldız, 2016; Lemn, 2016; Çelik ve Başarır, 2017; Zhu ve Wang, 2017) altın fiyatları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapay zeka ile altın fiyatları tahminlemesi hakkında yapılmış çalışmalar ve bulguları Tablo 1’de özetlenmektedir.

Tablo 1. Literatür Araştırması

Yazarlar(Yıl)	Sonuç ve Açıklamalar
Abken (1980)	Yazar altın fiyatlarının içsel ve faiz oranlarının dışsal değişken olduğu bir regresyon analizi yaparak 1973-1979 dönemi için aylık veriler ile analiz yapmıştır. Çalışmanın sonucunda oluşturulan regresyon denkleminin açıklayıcılığının düşük kaldığı görülmüştür.
Atay (2013)	Yazar dünyadaki ve ülkemizdeki altının arz-talep yapısı ile altın piyasaları ve ülkemizdeki altın fiyatlarını etkilediği düşünülen yurtiçi faktörler incelenmiştir. Zaman serilerinin yer aldığı bu çalışma Ocak 2003-Haziran 2013 dönemini kapsamaktadır. Kullanılan veriler aylık bazdadır. Bu çalışmada, ülkemizde altının TL/kg cinsinden belirlenen fiyatının; BST 100 Endeksi, TÜFE, vadeli mevduat faiz oranı, TCMB Reel Efektif Kur Endeksi, M1 para arzı ve 2008 küresel finans krizinin ülkemize yansımalarını temsil eden kukla (dummy) değişken ile ilişkileri incelenmiştir. VAR analizi kapsamında, öncelikle, Johansen Eş Bütünleşme Testi uygulanmıştır. Sonuçta, ülkemizdeki altın fiyatları ile diğer yurtiçi değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edilememiştir. Kısa dönemli ilişkileri belirlemek için, Granger Nedensellik Testi uygulanmıştır. Ardından, varyans ayrıştırma ve etki-tepki analizi gerçekleştirilmiştir.
Benli vd. (2014)	Araştırmacılar bu çalışmada kendi gecikmeli değerlerine göre altın fiyatının belirlenmesi amacıyla zaman serisi yöntemlerinden basit üstel düzgünleştirme yöntemi, Holt’un doğrusal trend yöntemi, ARIMA modeli ve yapay zeka yöntemi olan yapay sinir ağları kullanılmış ve karşılaştırma yapılmıştır. Analizde İstanbul Altın Borsası’ndan alınan aylık ağırlıklı ortalama altın fiyatları (\$/ons) kullanılmıştır. Veriler Ocak 1996-Aralık 2013 dönemini kapsamaktadır. Analiz sonucunda ARIMA modeli yapay sinir ağları modelinden daha başarılı bulunurken, yapay sinir ağları modelinin basit üstel düzgünleştirme yöntemi ve Holt’un doğrusal trend yöntemine göre daha başarılı bir tahmin performansı gösterdiği belirlenmiştir
Çelik vd. (2017)	Yazarlar çalışmada RapidMiner veri madenciliği yazılımı kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile altın, gümüş, platin ve paladyum gibi kıymetli madenlerin fiyatlarının tahmin etmeye çalışmışlardır. Yapay sinir ağlarını değerlendirmek için beş performans ölçütü; ortalama karesel hata, mutlak hata, göreceli hata, Spearman Rho ve Kendall Tau kullanılmıştır. Bu çalışma, 4 Ocak 2010 ile 14 Aralık 2015 tarihleri arasındaki altın, gümüş, platin, paladyum, Brent Petrol, doğal gaz, 30

	Yıllık bono, 10 yıllık bono, 5 yıllık bono, S&P 500, Nasdaq, Dow Jones, FTSE100, DAX, CAC40, SMI, NIKKEI, HANH, SEND ve Avro/Dolar rakamlarını içeren veriler üzerine odaklanmıştır. 2015 yılının son çeyreğindeki veriler tahmin ve doğrulama için kullanılmıştır. Sonuçlar, pazar tahminleri için hata oranlarının kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.
Chamzini vd. (2012)	Adaptif nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve yapay sinir ağı (YSA) modeli, altın fiyatı modellemek için kullanılmış ve ARIMA'nın geleneksel istatistik modeli (otoregresif entegre hareketli ortalama) ile karşılaştırılmıştır. Geliştirilen farklı modellerin performanslarını değerlendirmek için üç performans ölçümü, belirleme katsayısı (R ²), kök ortalama karesi hatası (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) kullanılmıştır. Sonuçlar, ANFIS modelinin, eğitim ve doğrulama aşamaları sırasında farklı performans kriterleri açısından diğer modelleri (yani, ANN ve ARIMA modeli) geride bıraktığını göstermektedir. Duyarlılık analizi, altın fiyat değişikliklerinin gümüş fiyat ve petrol fiyatlarına bağlı olduğunu göstermiştir.
Dooley vd. (1992)	Ocak 1976-Aralık 1990 yıllarını kapsayan döneme ilişkin olarak aylık veriler kullanarak ABD, İngiltere, Fransa, Almanya ve Japonya'nın para birimlerini kapsayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. VAR analizi ile yapılan çalışmada sonuç olarak; ABD Doları'nın diğer ülke para birimleri ile olan paritesinin, altın fiyatlarındaki değişiklikleri açıklamakta etkili olduğu tespit edilmiştir.
Kaufmann vd. (1989)	Regresyon tekniklerini kullanarak ve basit bir öngörü modelini araştıran yazarlar, ABD doları enflasyon oranındaki değişimlere ve yıllık dünya altın üretimi endeksinde bağlı olarak yıllık altın fiyatı için bir formül elde ettiler. İstatistiksel olarak model, altın fiyatı için önemli kabul edilen birçok değişken göz ardı edilmesine rağmen, son 16 yılda formül fiyatı ve piyasa fiyatı arasında yüksek bir korelasyon göstermektedir.
Kocatepe vd. (2016)	Yapay sinir ağları kullanılarak altın fiyatındaki değişim yönünün (Artış - Azalış) tahmin edilmesi hedefleyen araştırmacılar 2007 ile 2015 yılları arasındaki aylık verileri kullanmışlardır. Bağımlı değişken olarak Türkiye'deki altının gram fiyatı esas alınmış ve bağımsız değişkenler olarak ham petrol fiyatı, dolar endeksi, dolar kuru, S&P500 endeksi, BIST100 endeksi, Türkiye enflasyon, tahvil ve faiz oranları, ABD enflasyon, tahvil ve faiz oranları, gümüş ve bakır fiyatları kullanılmıştır. Çalışmada, bağımlı değişkenin gelecekteki değerinin tahmininin yapılması için, bağımsız değişkenlerin bir ay önceki değerleri kullanılmıştır. Çalışma neticesinde gram altın fiyatındaki değişim yönünün tahmin başarı oranı %75,24 olarak bulunmuştur.
Koutsoyiannis vd. (1983)	Araştırmacı bu çalışmada fikirleri ile bir gün içinde çok düşük bir fiyatla altın fiyatını geliştirerek ileri götürüyor. Kullanılan veriler, daha önceki aylık verilere kıyasla, önceki verilerden elde edilen benzer verilere dayanarak, Ocak 1980 ile Mart 1981 arasında, ABD doları, ABD faiz oranı, enflasyon beklentileri (gözlemlenen enflasyona göre sadeleştirilmiş) kullanılarak günlük olarak kullanılmaktadır. Yazar, ilk kez gümüş, Dow Jones Index, Oil olarak ikame olarak kabul edilebilecek diğer varlıkları da içerecek şekilde politik gerilim endeksinin hesapladı. Çeşitli modeller, daha fazla birim kök sorusu oluşturan seviyelerde tüm değişkenlerle test edilir.
Kutlar vd.(2006)	Çalışmada Türkiye'nin 1987.1-2005.8 dönemini kapsayan 224 veriden oluşan bazı önemli değişkenlerin oluşturduğu serilerin ARFIMA uzun hafızalı ekonometrik model çerçevesinde analizleri yapılarak, bu serilerin ARFIMA modeline uygunluğu incelenmiştir. Reel altın fiyatları (AltınR), enflasyon (Enf), altı aylık faiz oranları (Fa-iz6) ve reel para arzından (RM2) oluşan seriler ARFIMA modeline göre test edilerek sonuçlar üç tahmin yöntemine göre yorumlanmıştır. Buna göre Maksimum Olabilirlik ve Modifiye Profilli Olabilirlik yöntemleri ile yapılan tahminlerde bütün serilerin uzun hafızalı olduğu ve kullanılan yöntemin doğru olduğu sonucu çıkmaktadır. Oysa Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler yöntemi ile yapılan tahminde Enf serisi dışındaki serilerin uzun hafızalı olmadığı, Enf serisinin ise bu tahmin yöntemine göre de uzun hafızalı olduğu ve kullanılan yöntemin doğru olduğu şeklinde bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Tahmin sonuçlarına dayanarak Enf serisinin kesin olarak uzun hafızalı olduğu tespit edilmiştir.
Küçükaksoy vd. (2017)	Araştırmacılar Altın fiyatlarında, spekülörler için önemli olabilecek faktörler araştırılmıştır. Vektör otoregresyon modelinde (VAR), petrol fiyatları, gümüş fiyatları, Dow Jones Sanayi Endeksi, Dolar-Sterlin paritesi ve FED fon faiz oranı bağımsız değişkenlerdir. Bulgular: Bağımsız değişkenlerde meydana gelen şokun, altın fiyatları üzerindeki etkileri en fazla üç ay sonra kaybolmaktadır; altının geçmiş fiyat verilerinin spot fiyatını açıklama gücü %97 olarak gözlemlenmiştir. Sonuçlara göre; altının geçmiş fiyat verileri spekülörler için önemli bir göstergedir.
Lemin (2016)	Çalışmada karmaşık GM gri model ve teori, basit bir model ve teoriye dönüştürülebileceği anlatılmıştır. Geleneksel model ve teori, GM gri model ve teoriye benzer şekilde de yüksek olabilir. Bu ikisinin de aynı mülkiyete ve karşılaştırılabilirliğe sahip olması sağlıyor. İkinci çerçeve olarak, GM gri model ve teori tartışıldı ve analiz edildi. Bu yazıda, veri birikiminin GM modelleme süreci, basit bir sorun komplikasyondur; GM model seçimi, karmaşık problem basitleştirmesidir; diferansiyel denklemler teorisinde, mekanik olarak, tamamen uygun olmayan uygulanır; optimal yaklaşma kriteri zayıflatılır, bu da çalışmayı sınırsız yapar; Gray'in özü ise çok renkli modellerin karıştırılması, verilerin kaçırılması; bireysel başarı vakaları, sadece vurma olasılığı üzerinde, evrensel bir rehberlik önemi yoktur. Ayrıca türetme sağlar, ana noktaları işaret eder, ispat üzerine taşır ve bazı örnekler verir.
Paksoy (2017)	Yazar bu çalışmada günlük altın getirisinin yönünü tahmin etmek amacıyla Markov zinciri işleyişi ve yapay sinir ağı (YSA) modeli birleştirilmiştir. Çalışmada ilk olarak altın getirileri ikinci dereceden Markov zinciri işleyişine uygun olarak düzenlenmiş, daha sonra YSA modelleri denenmiştir. Kullanılan verinin yapısından kaynaklanan beklentiler doğrultusunda, yapılan birçok YSA denemeleri, altının getiri yönünün daha detaylı incelenerek tahmin edilmesini ve elde edilen YSA modellerinin bir arada değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Önerilen entegre modelde altının getiri yönü, geçmiş dönemlere ait altın fiyat hareketlerinin yapısına bağlı olarak tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, altın getirisinin yönüyle ilgili anlamlı bilgiler sunmaktadır. Çalışmanın veri setini, Borsa İstanbul'un 27.7.1995 – 31.12.2014 dönemine ait günlük altın kapanış fiyatları (USD/Ons) oluşturmaktadır.
Sjaastad vd. (1996)	Araştırmacılar büyük döviz kurları ile uluslararası ticarete konu olan malların fiyatları arasındaki teorik ilişkiyi incelemektedir. Ampirik bölümde, altın durumu tahmini hata verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Diğer şeylerin yanı sıra, Bretton Woods Uluslararası para sisteminin dağılmasından bu yana, büyük para birimleri arasındaki dalgalı kurlar, dünya altın piyasasında büyük bir fiyat istikrarsızlığı kaynağı olmuştur ve dünya altın piyasası hâkimiyetindedir. Avrupa para birimi bloğu, Avrupa para birimlerinin değer yargıları veya değer kayıpları, diğer para birimlerindeki altın fiyatı üzerinde güçlü etkilere sahiptir.
Topçu (2010)	Yazar altın fiyatlarını etkileyen faktörlerin uygulamalı olarak tespit edilmesi amacıyla olup, ampirik çalışma öncesinde altının arz/talep yapısı verilerle son dönemde finansal piyasalarda yaşanan çalkantılarda altın fiyatlarının seyri incelenmiştir. Ampirik çalışma Ocak 1995- Eylül 2009 tarihlerini kapsamakta olup, veriler aylık bazdadır. Çalışmaya

	literatürde altın fiyatlarını etkilediği düşünülen Dow Jones Sanayi Endeksi, ABD doları kuru, petrol fiyatı, Amerika enflasyon oranı gibi değişkenlere ilave olarak global para arzı dahil edilmiştir. Literatürde altın fiyatları ile ilgili pek çok çalışma bulunmakla birlikte günümüze uzanan çalışmalara pek sık rastlanamamış olup, çalışmada incelenen dönem küresel krizin yaşandığı, altın fiyatlarının rekor yükselişler kaydettiği bir dönemi kapsamı açısından önemlidir.
Toraman vd. (2011)	Yazarların bu çalışmada temel amacı altın fiyatlarını etkileyen faktörleri belirlemektir. Çalışma Haziran, 1992 ve Mart 2010 arasındaki aylık verileri içermektedir. Petrol fiyatları, ABD döviz kuru, ABD enflasyon oranı, ABD reel faiz oranı verileri model olarak değişkenler olarak yer almaktadır. Ampirik bulgulara göre altın fiyatları ile ABD döviz kuru arasında en yüksek korelasyon bulunmuştur. İkinci olarak, altın fiyatları ile petrol fiyatları arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.
Tully ve Lucey (2007),	Araştırmacılar çeşitli makroekonomik değişkenlerin, altın fiyatlarına olan etkisini APGARCH modeli ile tespit etmeye çalışmışlardır. 1984-2003 yıllarını kapsayan dönemde altının günlük ve gelecek fiyatları ile çeşitli makroekonomik değişkenlere ait aylık verileri kullandıkları çalışmanın sonucunda; altın fiyatlarına, ABD Doları'nın asıl etken olduğu, diğer değişkenlerin etkisinin ise düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir.
Vural (2003)	Yazar Ocak 1990-Mart 2003 dönemine ait aylık verileri kullanarak, altın fiyatının hangi değişkenlere daha duyarlı olduğu ortaya koymaya çalışmıştır. Bu amaçla, altın fiyatlarının; USD/Euro paritesi, Dow Jones Sanayi Endeksi, Petrol Fiyatları, faiz oranı, gümüş ve bakır fiyatları tarafından açıklanabilirliğini göstermeye yönelik çok değişkenli bir regresyon modeli kurmuştur. Sonuç olarak; altın fiyatı ile gümüş, petrol ve bakır fiyatının pozitif yönlü; faiz oranı, USD/Euro paritesi ve Dow Jones Sanayi Endeksi ile ise negatif yönlü ilişki içerisinde olduğunu tespit etmiştir.
Yüksel vd. (2016)	Araştırmacılar bu çalışmada altın fiyatlarını yapay sinir ağları ile öngörmek amacıyla, altın fiyatlarını etkileyebileceği düşünülen değişkenler olan Gümüş fiyatları, Brent Petrol fiyatları, ABD doları/ EUR paritesi, EuroNext100 endeksi, Amerika Dow Jones Endeksi, 13 Hafta vadeli ABD bonosu faiz oranı ve ABD TÜFE endeksi kullanılarak modeller kurulmuştur. Yapay sinir ağları ile kurulan modellerden elde edilen tahmin sonuçları, gerçek değerler ile R2, RMSE, MAE ve MAPE (%) gibi performans kriterleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular yapay sinir ağlarının altın fiyatlarının tahmininde başarı ile kullanılabilirliğini göstermektedir. Yapılan duyarlılık analizinin sonuçları değerlendirildiğinde altın fiyatlarını etkileyen faktörlerin başında gümüş ve petrol fiyatlarının geldiği tespit edilmiştir.
Zhu vd. (2017)	Araştırmacılar bu çalışma, değerli metallerin fiyatını tahmin etmede, geleneksel istatistik modellere veda etme yönünde bir yenilik yaptı. Bir örnek olarak altın alarak, altın fiyatının eğilimini tam olarak tahmin etmek ve deneylerle güvenilirliğini kanıtlamak için bir makine öğrenme yöntemidir. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin altın fiyat hareketlerini tahmin etmede önemli bir avantajı olduğunu ve daha önce önerilen diğer yöntemlerden daha güvenilir ve etkili bir sonuç verdiğini göstermektedir. Bu makalenin ana katkıları şunlardır: Öngörü modellerinde faktör madenciliği problemini çözmek için ilişkilendirme kuralları algoritması getirilir, uyarlanır ve modifiye edilir. Böylece bilgisayar en son zamana göre en etkili etkenleri belirleyebilir. Yukarıdaki faktörlerin çıkarılması ile birleştirilen altın fiyat trendini başarılı bir şekilde tahmin etmek için G, M (1,1) modeli önerilmiştir.

Bu çalışmanın en önemli özelliği yeni bir model olan ve özellikle kullanıldıkça değeri azalan madenler gibi (petrol, doğalgaz, altın vb.) unsurların üretim tahminlerinde kullanılan KNEA modelinin, altın fiyatlarının tahmin edilmesinde kullanılmasıdır.

Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında öncelikle altın fiyatlarının tahmin edilebilmesi için kullanılacak yöntem detaylı bir şekilde açıklanacak daha sonra ise analiz sonucunda elde edilen bulgular belirtilecektir.

3. Yöntem

NEA (Nonlinear Extension of ARPS) temel yapısı, ARPS gerileme eğrileri modelinin üstel (exponential) gerileme denkleminde türetilerek oluşturulmuştur (Arps, 1945). Giriş verilerinin doğrusal olmayan kombinasyonunu oluşturmak için çekirdek bir model (KNEA) çok değişkenli doğrusal olmayan tahminleme modeline (NEA) uygulanır (Ma & Liu, 2018). ARPS modeli her ne kadar petrol üretim miktarları tahminlemesinde kullanılsa da NEA modelinin üretim kapasitesi ve etkileyen faktörler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi iyi bir şekilde ortaya koyması, çekirdek modelin de giriş verilerini doğrusal olmayan bir kombinasyonda sağlaması ile üretimdeki kaçınılmaz (aşırı küçük veya büyük) eksiklikler daha iyi tahminlenmektedir. Bu model aslında çok değişkenli bir regresyondur.

ARPS temel gerileme eğrisi denklemine göre ve deneysel sabit değerlerdir.

$$\frac{1}{q(t)} \frac{dq(t)}{dt} = aq(t)^b \quad (1)$$

t zamanında üretilen petrol üretim oranını $q(t)$ belirtirken, b sabiti sıfıra eşit ise üslü gerileme modeli, eğer b sabiti 1'e eşitse harmonik gerileme modeli ve b sabiti 0 ile 1 arasında ise hiperbolik gerileme modeli oluşur. Bu 3 model aslında petrol kuyularının performansını analiz ve tahmini için kullanılır. NEA modelinin üretim kapasitesi ve etkileyen faktörler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi iyi bir şekilde ortaya koyması, çekirdek modelin de giriş verilerini doğrusal olmayan bir kombinasyonda sağlaması ile üretimdeki kaçınılmaz (aşırı küçük veya büyük) eksiklikler için daha iyi tahminleme yapabilmektedir.

Doğrusal olmayan bir model için $b = 0$ olacak şekilde ARPS denklem 1'de etki faktörlerini eklersek denklem 2'yi elde ederiz.

$$\frac{dq(t)}{dt} = aq(t) + g(u(t)) + \mu \quad (2)$$

Burada $u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_N(t)]$ ve $g(u(t))$ genel olarak $u(t)$ 'nin doğrusal olmayan bir fonksiyonu ise denklem 2 üzerinden denklem 3 elde edilir.

$$q(k) = aq(k-1) + g(u(k)) + \mu \quad (3)$$

Burada g fonksiyonunun belirlenmesi zor olacağı için doğrusal olmayan bir haritalamada $\varphi: R^N \rightarrow \mathcal{F}$ geniş boyutlu özellik uzayı olarak \mathcal{F} içinde doğrusal bir fonksiyonu olarak orijinal uzay R^N içinde $g(u(k))$ fonksiyonunu çözümleyerek denklem 4'ü elde ederiz.

$$g(u(k)) = \omega^T \varphi(u(k)) \quad (4)$$

Burada $g(u(k))$ denklem 3'de yerine koyulursa denklem 5 elde edilir.

$$q(k) = aq(k-1) + \omega^T \varphi(u(k)) + \mu \quad (5)$$

Bu denklem ARPS gerileme eğrisi modelinin doğrusal olmayan uzantısıdır ve kısaltma olarak NEA (nonlinear extension of ARPS) şeklindedir.

NEA modelinin parametrelerinin yakınsaması için uygun bir çekirdek (kernel) fonksiyonu gereklidir. Bu eğer φ değeri biliniyorsa bir optimizasyon probleminin çözümüdür aslında. Ancak birçok durumda doğrusal olmayan bir haritalamada bunu çözmek mümkün değildir. Bu durumda en küçük kareler, destekçi vektör makinelerinin (LS-SVM Least Squares Support Vector Machines) (Suykens & Vandewalle, 1999) ARPS gerileme eğrileri ile birleştirilmesi sayesinde denklem 6 ile gösterildiği gibi konu düzenlenmiş (regularized) bir optimizasyon problemi olarak ele alınabilir.

$$\min_{a, \omega, e} J(a, \omega, e) = \frac{1}{2} a^2 + \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + \frac{\gamma}{2} \sum_{k=2}^n e_k^2 \quad (6)$$

Denklemdaki gamma γ bir düzenleme (regularization) parametresidir ve modelin esnekliğini kontrol eder. Lagrange çarpanlarında (Lagrange, 1853) Karush Kuhn Tucker (KKT) en iyilik koşullarına (Kuhn & Tucker, 2014) göre $\omega = \sum_{k=2}^n \lambda_k \varphi(u(k))$ değeri NEA modeline uygulanırsa denklem 7 bulunur.

$$q(k) = aq(k-1) + \sum_{j=2}^n \lambda_j K(u(j), u(k)) + \mu \quad (7)$$

Ayrık fonksiyon denklem 8 şeklinde tanımlanırsa

$$\Phi(k) = \sum_{j=2}^n \lambda_j K(u(j), u(k)) + \mu \quad (8)$$

NEA modeli denklem 9 ile ifade edilebilir.

$$\hat{q}(k) = a^{k-1} q(1) + \sum_{\tau=2}^k a^{k-\tau} \Phi(\tau) \quad (9)$$

Bu durumda tahmin serisi $a, \lambda_i, \mu (i = 2, \dots, n)$ parametreleri ve uygun bir çekirdek fonksiyonu ile hesaplanabilir. Bu

denkleme göre KNEA algoritmasının yapısı aşağıda açıklanmıştır.

Adım 1: Uygun bir çekirdek fonksiyonu ile denklem 6 gamma parametresi seçilir.

Adım 2: Aşağıda verilen Gaussian çekirdek fonksiyonu ile giriş değerlerine göre yeni bir matris türetilir.

$$K(u(i), u(j)) = \exp\left\{-\frac{\|u(i) - u(j)\|^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (10)$$

Adım 3: Türetilen yeni matrisde tüm diyagonal elemanlar 1 değerleri 0 olmalıdır. Bu duruma göre öğrenme işlemi gerçekleşir.

Adım 4: Öğrenme işleminden elde edilen parametrelerle test verileri üzerinde tahminleme yapılır.

Adım 5: Öğrenilen ve tahmin edilen değerler için mutlak hata ortalaması bulunur.

4. Bulgular

KNEA model ile yapılan analizde Sigma katsayısı 0.5 seçilirken farklı değerlerde Gama γ parametresi için alınan 1447 adet veri için elde edilen hata oranları sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir. Sigma parametresinin farklı değerlerinde sonuçların çok etkilenmediği görülmüştür.

Tablo 2. Farklı Gama Parametrelerine Göre Analiz Sonuçları

Gama	MAD	MSE	RSME	MAPE
10	16,807	432,143	20,788	1,15
20	8,803	118,569	10,889	0,60
30	5,964	54,12	7,376	0,41
40	4,509	31,105	5,577	0,31
100	1,830	5,126	2,264	0,13

Tablo 2'de verilen MAD (Mean Absolute Deviation) Ortalama Mutlak Sapma, MSE (Mean Square Error) Ortalama Kare Hatası, RMSE (Root Mean Square Error) Kök Ortalama Kare Hatası, MAPE (Mean Absolute Percentage Error) Ortalama Mutlak Yüzde Hatası değerlerini ifade etmektedir. Gama parametresi 100 değeri için elde edilen sonuçlar Grafik 2 ile gösterilmiştir.

Grafik 2. Gama 100 değerine göre Analiz Sonuçları



Grafik 2 ile gösterilen sonuçlarda, algoritmanın eğitim performansı değerlendirilmiştir. Burada 2 Ocak 2010 ile 14 Aralık 2015 arasındaki tüm veriler KNEA algoritması ile eğitilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre eğitim sonrası KNEA

algoritmasının başarılı bir şekilde verileri temsil ettiği görülmektedir. Bu dönem içerisinde yer alan altın fiyatları verilerininin 1.83 ortalama mutlak sapma ile 5.126 ortalama kare hata ve 2.264 kök ortalama kare hatası ile modellendiği

tespit edilmiştir. Gama γ parametresi artırıldığında modelin daha iyi performans verdiği gözlemlenmiştir.

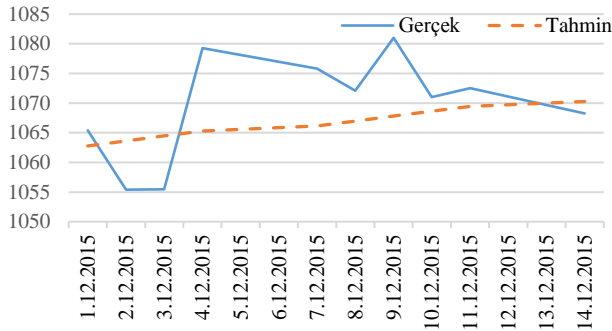
Modelin tahminleme performansını analiz etmek için 2015 yılı Aralık ayı verileri test amaçlı kullanılmıştır. 2015 Aralık ayına kadar olan 1437 günlük altın fiyatları verisi ise eğitim için kullanılmıştır. Makine öğrenmesi algoritmalarında toplam verinin büyük bir bölümü eğitim için ve kalan bölüm ise test amaçlı tahminleme için kullanılır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3 ile gösterilmiştir.

Tablo 2. 2015 Aralık Ayı 10 Günlük Altın Fiyatları Tahmini

Tarih	Gerçek	Tahmin
1.12.2015	1065,40	1062,78
2.12.2015	1055,40	1063,62
3.12.2015	1055,45	1064,46
4.12.2015	1079,25	1065,30
7.12.2015	1075,80	1066,13
8.12.2015	1072,10	1066,97
9.12.2015	1081,00	1067,80
10.12.2015	1071,00	1068,63
11.12.2015	1072,50	1069,45
14.12.2015	1068,25	1070,28

10 günlük altın fiyatı tahminlemede farklılıkları görmek için Tablo 2’de elde edilen altın fiyatları tahmin sonuçları Grafik 3 ile gösterilmiştir.

Grafik 3. 2015 Aralık Ayı 10 günlük Altın Fiyatları Tahmini



Grafik 3’e göre tahminleme sonrası elde edilen verilerden test amaçlı 10 günlük 2015 Aralık ayı verilerinin tahminlemede Mutlak Ortalama Sapması 6.926, Ortalama Kare Hatası 66.348, Kök Ortalama Kareler Hatası 8.145 ve Mutlak Ortalama Yüzde Hatası ise 0.65 bulunmuştur.

5. Sonuç ve Değerlendirme

KNEA model ile yapılan analizde test verileri hata oranlarının eğitim verileri hata oranlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Tahminlemede elde edilen sonuçlara göre Mutlak Ortalama Sapması 6.926, Ortalama Kare Hatası 66.348, Kök Ortalama Kareler Hatası 8.145 ve Mutlak Ortalama Yüzde Hatası ise 0.65 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre KNEA modeli tahminleme başarısı ortalama bir düzeydedir. Ancak KNEA modeli çok değişkenli bir regresyon modeli olarak tahminleme yöntemlerinde bir alternatif olabilir. Modelin parametrelerinin (Sigma, Gama) manuel olarak girilmesi gerçek performans değerlerini elde etmekte bir zorluk teşkil etmektedir. Bu durumda makine öğrenmesi algoritmaları ile en iyi performans için bu parametrelerin optimize edilmesi daha iyi sonuçlar verecektir. Ancak bu durum ileri çalışmalarda giderilebilir.

Özellikle ülke ekonomilerinin yüksek risk taşıdığı dönemlerde güvenilir liman olarak görülen kıymetli madenler ve özellikle altının fiyatının tahmin edilmesi büyük önem arz etmektedir. Çalışmanın sonucunda oluşturulan model ile altın fiyatlarının başarılı bir şekilde doğru tahmin edildiği görülmüştür.

Burada önemli olan kısım ise çalışmada elde edilen bulguların ele alınan dönem ve ele alınan veri seti kapsamında geçerli olmasıdır. Özellikle kıymetli maden gibi unsurlarda petrol de bunlara dâhil edilebilir maden kaynaklarının yeterliliği de sonuç olarak bu tip yatırım araçlarının fiyatlarını doğrudan etkilemektedir.

Bunun dışında bu tip yatırım araçlarının spekülasyon amaçlı olarak da kullanıldığı ve kullanılabilmesi de dikkate alınarak değerlendirmelerde bulunmak daha doğru olacaktır.

İleri de yapılacak çalışmalarda KNEA modeli ile diğer modelleri aynı veri seti ve dönem içerisinde karşılaştırmalı olarak analiz edilerek modelin başarı durumu daha doğru bir şekilde tespit edilebilecektir.

Kaynakça

- Arps, J. J. (1945). Analysis of Decline Curves. *Transactions of the AIME*, 160(01), 228-247
- Atay, G. (2013). *Dünyada ve Türkiye’de Altın Piyasaları ve Türkiye’de Altın Fiyatlarını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Benli, Y. K., & Yıldız, A. (2014). Altın Fiyatının Zaman Serisi Yöntemleri ve Yapay Sinir Ağları ile Öngörüsü. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 42, 213-224.
- Chamzini, A., Yakhchali, H. S. Y., Volungeviçienė, D., & Zavadskas, Z. (2012). Forecasting Gold Price Changes by Using Adaptive Network Fuzzy Inference System. *Journal of Business Economics and Management*, 13(5): 994–1010.
- Çelik, U., & Başarır, Ç. (2017). Yapay Sinir Ağları İle Kıymetli Maden Fiyatlarının RapidMiner İle Tahmin Edilmesi. *Alphanumeric Journal*, 5(1), 45-54.
- Dooley, M. P., Isard, P., & Taylor, M. P. (1995). Exchange Rates, Country-Specific Shocks, and Gold. *Applied Financial Economics*, 5(3), 121-129.
- Kaufmann, T. D., & Winters, R. A. (1989). The Price of Gold: A Simple Model. *Resources Policy*, (15), 309-313.
- Kocatepe, C. İ., & Yıldız, O. (2016). Ekonomik Endeksler Kullanılarak Türkiye’deki Altın Fiyatındaki Değişim Yönünün Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 926-934.
- Koutsoyiannis, A. (1983). A Short-run Pricing Model For a Speculative Asset, Tested With Data From The Gold Bullion Market. *Applied Economics*, 15(5), 563-581
- Kuhn, H. W., & Tucker, A. W. (2014). *Nonlinear programming*. Traces and Emergence of Nonlinear Programming, (pp. 247-258). Birkhäuser, Basel.
- Kutlar, A., & Turgut, T. (2006). Türkiye’deki Başlıca Ekonomi Serilerinin ARFIMA Modelleri ile Tahmini ve

- Öngörülebilirliği. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 120-149.
- Küçükaksoy, İ., & Yalçın, D. (2017). Altın Fiyatlarını Etkileyebilecek Faktörlerin İncelenmesi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(2), 1-19.
- Lagrange, J. L. (1853). *Mécanique analytique* (Vol. 1). Mallet-Bachelier.
- Lemin, G. (2016) Analysis of GM Grey Model and the Theory. *Computer Engineering and Applications*, 52(6), 58-63.
- Ma, X., & Liu, Z. (2018). Predicting the Oil Production Using the Novel Multivariate Nonlinear Model Based on Arps Decline Model and Kernel Method. *Neural Computing and Applications*, 29(2), 579-591.
- Paksoy, S. (2017). Hibrit Markov Zinciri Süreci İle Altın Getirisinin Öngörülmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 29-49.
- Sjaastad, L. A., & Scacciavillani, F. (1996). The Price of Gold and the Exchange Rate. *Journal of International Money and Finance*, 6(15), 879-897.
- Suykens, J. A. K., & Vandewalle, J. (1999). Least Squares Support Vector Machine Classifiers. *Neural Processing Letters*, 9(3), 293-300.
- Topçu, A. (2010), *Altın fiyatlarını etkileyen faktörler, SPK Araştırma Dairesi Yıllık Raporu*. (Erişim:01.06.2018), www.spk.gov.tr/SiteApps/Yayin/YayinGoster/1016
- Toraman, C., Basarir, Ç., & Bayramoglu, M. F. (2011). Determination of Factors Affecting the Price of Gold: A Study of MGARCH Model. *Business and Economics Research Journal*, 2(4), 37-50.
- Tully, E., & Lucey, B. M. (2007). A Power GARCH Examination of the Gold Market. *Research in International Business and Finance*, 21(2), 316-325.
- Yüksel, R., & Akkoç, S. (2016). Altın Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini ve Bir Uygulama. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 17(1), 39-50.
- Zhu, H. C., & Dong, W. (2017). Predict the price of gold Based on Machine Learning Techniques. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*, (mmsta). Doi: 10.12783/dtcse/mmsta2017/19700