

Doğuş Üniversitesi Dergisi, 17 (1) 2016, 39-50

ALTIN FİYATLARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ VE BİR UYGULAMA

FORECASTING GOLD PRICES BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND AN APPLICATION

Rıdvan YÜKSEL⁽¹⁾, Soner AKKOÇ⁽²⁾

⁽¹⁾ Dumlupınar Üniversitesi, Şaphane Meslek Yüksekokulu

⁽²⁾ Dumlupınar Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu

⁽¹⁾ ridvan.yuksel@dpu.edu.tr, ⁽²⁾soner.akkoc@dpu.edu.tr

Geliş/Received: 18-06-2015, Kabul/Accepted: 28-12-2015

ÖZ: 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 R^2 , RMSE, MAE ve MAPE (%) gibi performans kriterleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular yapay sinir ağlarının altın fiyatlarının tahmininde başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir. Yapılan duyarlılık analizinin sonuçları değerlendirildiğinde altın fiyatlarını etkileyen faktörlerin başında gümüş ve petrol fiyatlarının geldiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Altın Fiyat Öngörüsü, Altın Yatırımı, Altın Fiyatlarını Etkileyen Faktörler

ABSTRACT: In this study, we constructed the models to predict gold prices through neural network by using some variables that are assumed to affect gold prices such as silver prices, Brent prices, USD/EUR parity, EuroNext 100 index, Dow Jones Index, 13-weeks the US bond interest rates, CPI in the US. The estimation results of these artificial neural network models are compared with real values by using calculated performance criteria such as R^2 , RMSE, MAE and MAPE (%) values. The findings suggest that artificial neural networks can be successfully used to estimate the gold prices. According to the results of sensitivity analysis, the major factors that affect the gold prices are silver and oil prices.

Keywords: Artificial Neural Network, Gold Prices Forecasting, Gold Investment, Factors That Affecting The Gold Prices

JEL Classifications: C45, E37, G17

1. Giriş

Tarih boyunca her toplumun büyük önem vermiş olduğu altın, ülkemiz açısından da bakıldığında benzer bir durum sergiler. Altın, toplumun çok geniş bir bölümü tarafından önemli bir yatırım aracı olarak kabul edilmektedir. Altının aynı zamanda takı olarak kullanılması diğer yatırım araçlarına göre bir üstünlüğüdür. Altın; kıymeti, fiyatı ve yatırım özelliğinden dolayı tasarruf sahipleri için büyük önem arz etmektedir. Diğer yatırım araçlarında olduğu gibi, altın yatırımcılarının da gelecek fiyat tahminine göre yatırım pozisyonlarını alması önem taşımaktadır (Dünya Bülteni, 2008).

Bu çalışma Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalında, Doç. Dr. Soner AKKOÇ danışmanlığında yazılan, aynı isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Altın, arzının sınırlı olması nedeniyle her dönemde ve her ülkede cazip bir yatırım ve tasarruf aracı olarak görülmektedir. Bu özelliğinin yanı sıra, ekonomik ve politik istikrarsızlıklardan etkilenmesi nedeniyle de fiyatında dalgalanmalar meydana gelen bir madendir.

Altın fiyatını istatistikî modeller yardımıyla açıklamaya çalışan çok sayıda çalışma mevcuttur. Genel olarak bu çalışmalar üç bölümde toplanabilir (Levin ve Wright, June, 2006: 25). Birinci grup çalışmalar, altın fiyatındaki değişimleri kur, faiz oranı, gelir gibi temel makroekonomik değişkenler yardımıyla (Ariovich, 1983; Dooley, Isard, Taylor, 1995; Kaufmann ve Winters, 1989; Sherman, 1982, 1983, 1986; Sjaastad ve Scacciavillani, 1996; Aksoy ve Topçu, 2013; Lili ve Chengmei, 2013; Toraman, Başarır, Bayramoğlu, 2011; Yazdani-Chamzini, Yakhchali, Volungeviciene, Zavadskas, 2012); ikinci grup çalışmalar, altın fiyatı ile ilgili spekülasyonlar ve altın fiyat hareketleriyle (Baker ve Tassel, 1985; Chua, Sick, Woodward, 1990; Vural, 2003; Aksu, 2008); üçüncü grup çalışmalar ise, kısa ve uzun dönem ilişkiler üzerine odaklanarak altını enflasyona karşı bir koruma aracı olarak inceler (Kolluri, 1981; Moore, 1990; Laurent, 1994; Chappell ve Dowd, 1997; Mahdavi ve Zhou, 1997; Ghosh, Levin, Macmillan, Wright, 2004; Ranson, 2005a, b).

Büyük veri setlerinin varlığı, kişisel bilgisayarların işlem gücünün artması ve hızlı öğrenme ve test etme algoritmalarının geliştirilmesi, araştırmacıların doğrusal olmayan model ve yöntemlere ilgi göstermesine neden olmuştur. Söz konusu doğrusal olmayan yöntemlerden biri de yapay sinir ağlarıdır (YSA). Bu yöntemin dayandığı temel fikir, insan beyninin mükemmel veri işleme yeteneğini taklit etmeye çalışmasıdır.

Bu çalışmanın temel amacı altın fiyatlarının YSA ile öngörülmesidir. YSA modellerinin kurulmasında gizli katmanda 2'den 16'ya kadar değişen sayıda nöron kullanılarak en uygun model tespit edilmeye çalışılmıştır. En uygun model için Ortalama Hata Karelerinin Karekökü (Root Mean Squared Error – RMSE), Belirleme Katsayısı (The Coefficient of Determination - R^2), Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error – MAE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error – MAPE) değerleri karşılaştırılarak en iyi sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde ilk olarak altın fiyatlarının tespiti üzerine yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Sonraki bölümde YSA tanıtılarak uygulama ve uygulamada ulaşılan sonuçlara yer verilmiştir. Sonuç bölümünde uygulama sonuçları yorumlanmıştır.

2. Literatür Taraması

Smith (2001, 2002) çalışmalarında altın fiyatları ile hisse senedi piyasaları arasındaki kısa dönemli ve uzun dönemli ilişkileri incelemiştir. Her iki çalışmada da altın fiyatları ile hisse senedi piyasası arasında kısa dönemde negatif bir ilişki olduğu, uzun dönemde ise herhangi bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Altın fiyatlarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda; ağırlıklı olarak Dünya enflasyonu, ABD enflasyonu, Dow Jones Endeksi (DJI), petrol fiyatı, gümüş fiyatı, ABD kuru, USD/EUR paritesi, ABD faiz oranları ele alınmıştır (Vural, 2003; Ghosh

ve diğerleri, 2004; Tully ve Lucey, 2005; Sjaastad, 2008; Aksu, 2008; Topçu, 2010; Toraman ve diğerleri, 2011; Yazdani-Chamzini ve diğerleri, 2012). Bu çalışmalarda kointegrasyon testi, Granger Eş Bütünleşim, Mgarch, Arimax gibi genel istatistiksel test yöntemleri kullanılmıştır. Bunlardan farklı olarak Yazdani-Chamzini ve diğerleri (2012), ANFIS, ANN ve ARIMA metotlarını kullanmışlardır. Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre altın fiyatları, gümüş ve petrol fiyatlarından pozitif yönlü olarak etkilenmektedir. DJI, ABD faiz oranları, ABD TÜFE ve ABD Dolar kurundan ise negatif yönlü olarak etkilenmektedir.

Öztürk ve Açıkalın (2008) çalışmalarında, Ocak 1995-Kasım 2006 dönemine ait aylık verilerden yararlanarak altın fiyatları ile TÜFE endeksi ve TL/USD döviz kuru arasında uzun dönemli ilişki olduğunu Granger Eş Bütünleşim Testi ile tespit etmiştir.

Menase (2009), Ağustos 1995 - Aralık 2008 dönemindeki 161 aylık veri seti üzerinde oluşturulan modelde Türkiye’de altın fiyatlarını etkileyen faktörleri incelemiştir. İstanbul Altın Borsası (İAB), enflasyon, faiz, reel kur endeksi, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB 100)¹ endeksi ve Londra altın piyasası değişkenlerini modelinde kullanmıştır. Çalışmada çoklu regresyon analizinden elde edilen sonuçlara göre, Türkiye’de altın fiyatlarının belirlenmesinde iç faktörler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış, Londra altın piyasasında fiyat değişiminin Türkiye’deki altın fiyatlarını %96,2 oranında etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Taşçı (2010) çalışmasında dünya altın fiyatlarına etkisi olan değişkenler ile Türkiye dinamiklerini etkileyen faktörler aracılığıyla Cumhuriyet altını fiyatlarını ekonometrik olarak açıklamaya çalışmıştır. Çalışma sonucuna göre, alternatif yatırım aracı olarak seçilen İMKB 100 endeksi, Dow Jones endeksi, dolar kuru ve petrol fiyatı Cumhuriyet altını fiyatını etkilememektedir. Ancak dünya altın fiyatları, 1 aylık vadeli faiz oranı ve TÜFE’nin, Cumhuriyet altını fiyatlarını beklendiği gibi etkilediği bulunmuştur.

Erer (2011), altın piyasasındaki oynaklığı incelediği çalışmasında, 05.01.2001 – 04.02.2011 tarihleri arasında külçe altın satış fiyatı (TL/gr) haftalık verilerini kullanmıştır. Bu inceleme sırasında, külçe altın satış fiyatı logaritmik getiri serisinin oynaklığının ARCH(1), GARCH(1,1), EGARCH(1,1), TARARCH(1,1) ve TARARCH(2,2) modellemesi yapılmıştır. En başarılı sonucu TARARCH(2,2) modelinde elde etmiştir.

Aksoy ve Topçu (2013) bir yatırım aracı olarak altın ile hisse senedi, devlet iç borçlanma senetleri (DİBS), TÜFE ve ÜFE arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri analiz etmişlerdir. Regresyon analizi; altın getirisi ile hisse senedi getirileri arasında negatif, ÜFE temelli hesaplanmış enflasyon ile pozitif ilişki olduğunu göstermiştir.

Sefa (2013) çalışmasında Türkiye altın piyasasındaki altın fiyatlarında meydana gelen değişimleri incelemiştir. Çalışmasında, Londra Külçe Altın Birliği altın fiyatlarının İAB altın fiyatlarını etkileyen tek ve en önemli değişken olduğu sonucuna varmıştır. Çalışmada altın fiyatlarını, Dow Jones Sanayi Endeksinin

¹ 5 Nisan 2013 tarihinden itibaren Borsa İstanbul olarak faaliyetine devam etmektedir.

negatif yönlü, Londra Külçe Altın Birliği altın fiyatlarının pozitif, Toptan Eşya Fiyat Endeksinin ise pozitif yönlü olarak etkilendiği görülmüştür. ARCH modelleri yardımıyla tahmin edilen altın fiyatlarının oynaklığının altın fiyatını negatif yönlü olarak etkilediği sonucuna varmıştır.

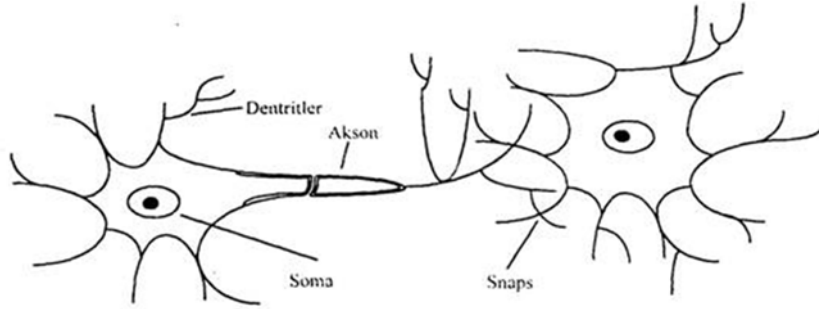
Deveci (2013), Türkiye’de altın ve gümüş spot fiyatlarını tahmin etmek için oluşturduğu modelde, Ocak 2005 – Kasım 2012 arasındaki dönem için TL para arzı (M2), TL/USD değeri, Türkiye endüstri üretimi, TÜFE, Dünya TÜFE, Brent petrol, BİST 100, Türkiye gösterge tahvil faizi ve kredi risk değerini kullanmıştır. Oluşturulan modeli ARIMAX ve Probit modelleri ile analiz etmiş, altın için en iyi sonucu ARIMAX (0,1,0) modelinde almıştır.

Bu çalışmada ise altın fiyatlarının öngörüsünde YSA yöntemi kullanılarak, Tablo 1’de yer alan bağımsız değişkenler kullanılmıştır. Daha önceki çalışmalardan farklı olarak EuroNext 100 Endeksi veri setinde yer almaktadır.

3. Yapay Sinir Ağları (YSA)

3.1. Biyolojik Sinir Hücresi

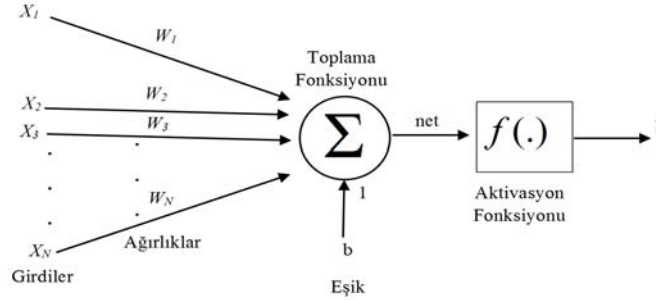
İnsanlarda sinir sistemi, sinir adı verilen hücrelerden meydana gelir. Sinirler canlıların hayati fonksiyonlarının yürütüldüğü en küçük birimlerdir ve merkezi sinir sistemi üzerinden tüm vücuda yayılmıştır. Beynin haberleşme sistemini oluşturan sinirlerin görevleri sinyal alma, işlem yapma ve elektrokimyasal sinyallerin sinir ağları içinde iletimini sağlamaktır (Şen, 2004: 8).



Şekil 1. Biyolojik Sinir Hücresi (Yarar, 2004: 17)

Şekil 1’de görüldüğü gibi sinir sistemi yapısal olarak 4 bölümden oluşmaktadır. Bunlar; dendritler, soma, akson ve sinapstır. Basitçe, biyolojik sinir hücresi diğer kaynaklardan girişleri alır, soma girişleri çoğunlukla doğrusal olmayan bir şekilde işler, akson işlenmiş girişleri çıkışa aktarır. Sinaps ise çıkışı, diğer sinirlere gönderir (Elmas, 2003: 30).

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır (Öztemel, 2006: 48).



Şekil 2. YSA Sinir Hücresi (Kaynar, Taştan, Demirkoparan, 2010: 562)

Şekil 2'de yapay sinir hücresi yer almaktadır. Şekil 2'ye göre, girdiler (x_1, x_2, \dots, x_n), diğer hücrelerden ya da dış ortamdan hücreye giren verilerdir. Bunlar ağırlık öğrenmesi istenen veri tarafından belirlenir. Ağırlıklar (w_1, w_2, \dots, w_n), girdi kümesi veya kendinden önceki bir tabakadaki başka bir işlem elemanının bu işlem elemanı üzerindeki etkisini gösteren değerlerdir. Her bir girdi, o girdiyi işlem elemanına bağlayan ağırlık değeriyle çarpılarak, toplam fonksiyonu aracılığıyla birleştirilir. Toplam fonksiyonu Eşitlik 1'de verildiği gibidir (Kaynar ve diğerleri, 2010: 562).

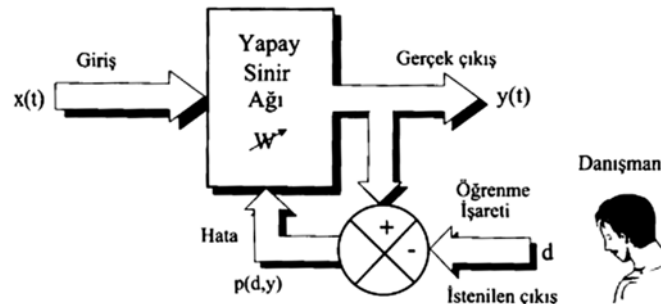
$$\text{net} = \sum_{i=1}^n x_i w_i + b \quad (1)$$

Toplam fonksiyonunda elde edilen değer doğrusal ya da doğrusal olmayan türevlenebilir bir transfer fonksiyonu ile işlem elemanının çıktı değeri Eşitlik 2'de verildiği şekilde hesaplanır.

$$y = f(\text{net}) = f\left(\sum_{i=1}^n x_i w_i + b\right) \quad (2)$$

Tüm YSA'lar bu temel yapıdan türetilmiştir. Bu yapıdaki farklılıklar yapay sinir ağlarının farklı sınıflandırılmalarını sağlar (Elmas, 2003: 32). Yapay sinir hücrelerinin bir araya gelmesinden de yapay sinir ağları oluşmaktadır.

Bu çalışmada YSA'nın danışmanlı öğrenme mimarisi kullanılmıştır. Danışmanlı öğrenmede, YSA önce eğitilmelidir. Eğitim işlemi, ağa girdi ve çıktı bilgilerini vermekten oluşur. Yani her girdi kümesi (bağımsız değişkenler) için çıktı kümesi (bağımlı değişkenler) ağa gösterilir (Elmas, 2003: 25). Danışmanlı öğrenme mimarisi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Danışmanlı Öğrenme Mimarisi (Sağiroğlu, Beşdok, Erler, 2003)

4. Veri ve Yöntem

YSA ile geliştirilen modellerde 03.01.2002 – 31.10.2013 tarihleri arasında yer alan 2885 günlük veri kullanılmıştır. EuroNext100 Endeksi işlemlerine 03.01.2002 tarihinde başladığından dolayı veriler bu tarihten başlamaktadır. Tablo 1’de kurulan modellerde kullanılan bağımsız değişkenler ve sağlandığı kaynaklar yer almaktadır.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Değişkenler ve Sağlandığı Adresler

	Değişkenler	Birim	Veri Türü	Simge	Kaynak
X01	Petrol	\$/Varil	Günlük	BP	www.economagic.com
X02	Gümüş	\$/Ons	Günlük	G	www.kitco.com
X03	Parite	€/€	Günlük	EUR/USD	www.federalreserve.gov
X04	Dow Jones Endeksi	\$	Günlük	DJI	Yahoo Finance
X05	ABD Hazine Bonosu	13 Haftalık Vadeli	Günlük	AHB	www.treasury.gov
X06	ABD TÜFE	% (1982-84=100)	Aylık	ABD TÜFE	www.bls.gov
X07	EuroNext 100 Endeksi	€	Günlük	N100	Yahoo Finance

1982-1984 baz yılı alınarak (1982-1984=100) açıklanan ABD TÜFE Endeksi aşağıdaki eşitlik kullanılarak son ayın, aylık TÜFE Endeks değeri hesaplanmıştır. Bulunan bu değer modele günlük olarak dahil edilmiştir.

$$\text{Son Ay ABD TÜFE} = (\text{ABD TÜFE}_t - \text{ABD TÜFE}_{t-1}) - 1$$

ABD TÜFE değişkeni dışındaki veriler günlük kapanış değerleri ile veri setinde yer almaktadır. Tablo 2’de bağımsız değişkenlere ait maksimum, minimum, standart sapma ve ortalama değerler verilmiştir.

Tablo 2. Bağımsız Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Simge	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Ortalama
BP	18,17	143,95	31,79	70,67
G	42,35	487,00	100,24	156,15
EUR/USD	0,86	1,60	0,14	1,28
DJI	6547,05	15680,40	1850,48	11131,31
AHB	0,00000	5,19000	1,70442	1,55649
ABD TÜFE	-0,01915	0,01222	0,00419	0,00198
N100	419,95	1077,52	140,62	706,23

YSA modelinin geliştirilmesinde MATLAB R2013a programından yararlanılmıştır. 2885 günlük veri; %70’lik (2019 adet) bölümü eğitim, %15’lik (433 adet) bölümü geçerlilik, geri kalan %15’lik (433 adet) bölümü ise test için olmak üzere program tarafından rastgele ayrılmıştır. Literatürde, YSA’nın gizli katmanda yer alacak nöron sayısının belirlenmesine ilişkin üzerinde uzlaşılan net bir formül bulunmadığı için, deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır. Yazdani-Chamzini ve diğerleri (2012), 7 girişli, 1 çıkışlı altın tahmini için oluşturulan YSA modeli için 24 nöron kullanarak en iyi sonuca ulaşmışlardır. Aygören, Sarıtaş, Moralı (2012), İMKB 100 endeksini 4 bağımsız değişkenle tahmin ettikleri çalışmada, YSA modelini 5, 10, 15, 20 nöronla çalıştırmışlar, en iyi sonuca 20 nöron sayısında ulaşmışlardır.

Bu çalışmada oluşturulan veri seti, gizli katmanda 2 ile 16 arasında nöron kullanılarak YSA modeli için analiz edilmiş ve en iyi sonuca ulaşmaya çalışılmıştır. Öğrenme algoritması olarak Levenberg – Marquardt algoritması seçilmiştir. YSA'nın öğrenme modeli ise danışmanlı öğrenme modelidir.

5. Bulgular

Altın fiyatlarının tahminine dönük geliştirilen modellerin performansı çeşitli kriterler (R², RMSE, MAE ve MAPE) dikkate alınarak ölçülmüştür. YSA'nın performansını ölçmek için; aşağıda verilen eşitliklere göre YSA modelinin ürettiği altın fiyatları ile gerçek sonuçların R², RMSE, MAE ve MAPE değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (A_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A}_i)^2} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (A_i - P_i)^2}{N}} \quad (4)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |A_i - P_i|}{N} \quad (5)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{|A_i - P_i|}{A_i}}{N} * 100 \quad (6)$$

Burada;

A_i= Gözlenen değer,

P_i= Tahmin edilen değer,

\bar{A}_i = Gözlenen değerlerin ortalaması,

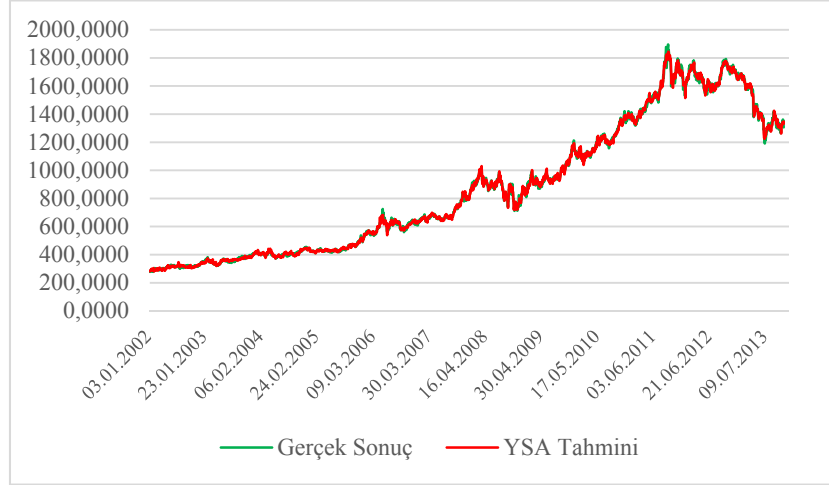
N = Gözlem sayısı.

Tablo 3'te oluşturulan YSA modelinin eğitim, geçerlilik ve test sonuçlarında ulaşılan korelasyon (R) değerleri verilmiştir.

Tablo 3. Gizli Katmandaki Nöron Sayıları ve Bu Katmanlarda Eğitim, Geçerlilik ve Test Seti İçin R Değerleri

Nöron Sayısı	Eğitim Seti	Geçerlilik Seti	Test Seti
2N	0,9964	0,9966	0,99697
3N	0,99787	0,99818	0,99774
4N	0,99828	0,99815	0,99838
5N	0,99852	0,99874	0,99842
6N	0,99891	0,99888	0,99871
7N	0,99861	0,99833	0,99815
8N	0,99871	0,9985	0,99845
9N	0,99893	0,99885	0,99878
10N	0,99917	0,9991	0,99901
11N	0,99911	0,99916	0,99893
12N	0,99929	0,99922	0,99919
13N	0,99921	0,99914	0,99925
14N	0,99929	0,99924	0,99912
15N	0,99931	0,99907	0,99927
16N	0,99942	0,99934	0,99926

Eğitim ve geçerlilik için ayrılan verilerin R değerlerine göre, gizli katman sayısı arttıkça öğrenme daha iyi olmakta, test için ayrılan veri setinde daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Şekil 4'te YSA modelinin altın için ürettiği değerlerin gerçek değerlere çok yakın olduğu görülebilmektedir.

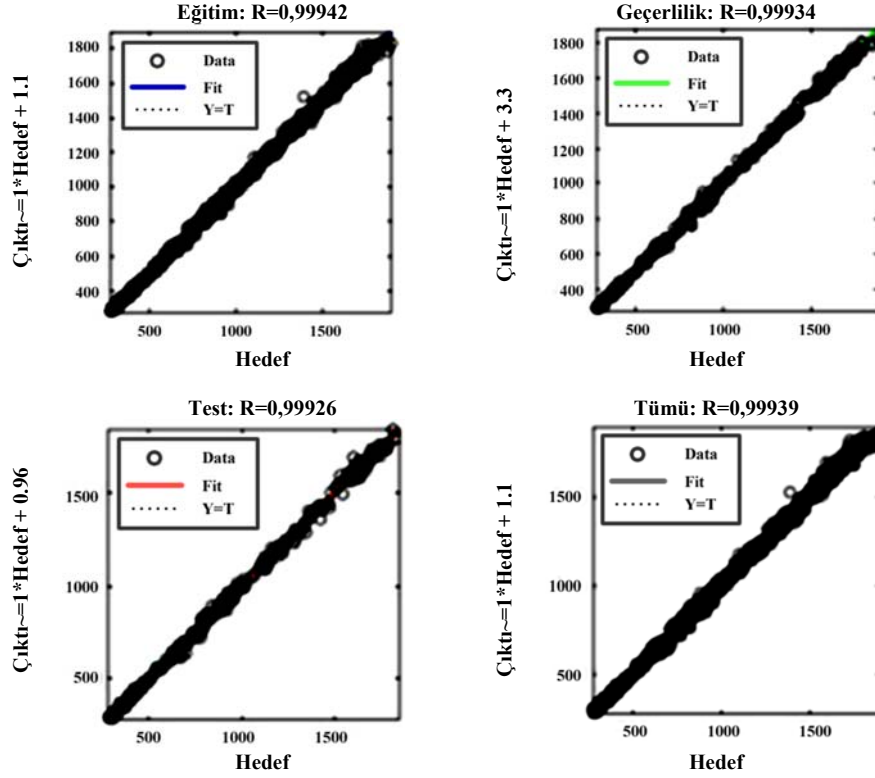


Şekil 4. Altın Fiyatlarının Gerçek Değeri ve YSA Tahmin Değerleri

Tablo 4. Gizli Katman Sayıları ve Elde Edilen R^2 , RMSE, MAE ve MAPE(%) Değerleri

Nöron Sayısı	R^2	RMSE	MAE	MAPE (%)
2N	0,99304	39,55558	29,43787	3,53567
3N	0,99579	30,76677	22,59948	2,97681
4N	0,99653	27,94630	21,09897	2,83737
5N	0,99708	25,62813	18,81150	2,50071
6N	0,99775	22,51915	16,64596	2,19649
7N	0,99699	26,03350	18,74899	2,34278
8N	0,99725	24,84967	18,31789	2,51063
9N	0,99779	22,31564	16,81309	2,23409
10N	0,99828	19,69103	13,81210	1,75671
11N	0,99818	20,20815	15,11963	2,00411
12N	0,99853	18,19579	12,79275	1,58539
13N	0,99841	18,91093	13,45074	1,68113
14N	0,99851	18,28545	13,15409	1,67600
15N	0,99853	18,17353	12,84532	1,60870
16N	0,99877	16,60526	11,96391	1,53663

Oluşturulan veri seti YSA'da 2 ila 16 nöronla eğitilip, test edilmiştir. Tablo 4'ten de görüleceği üzere en iyi sonuçlar 16 nöronla kurulan modelden elde edilmiştir. Şekil 5'te en iyi modelden elde edilen altın fiyatları ve YSA modelinin korelasyon (R) değerleri grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 5. En İyi Modelin Eğitim - Geçerlilik - Test Veri Seti R Değerleri

6. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, birbirleriyle ilişkili değişkenlerin birbirleri arasındaki ilişki oranını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada altın fiyatlarını etkileyen etmenleri bulmak amacıyla Kosinüs Genlik Metodu (Cosine Amplitude Method - CAM) kullanılmıştır. Bu yöntem duyarlılık analizinde en iyi yöntemdir (Ross, 2004).

Bağımsız değişkenler içinde altın fiyatlarını en fazla etkileyen değişkenin (r_{ij}) duyarlılık derecesini ölçmek için kullanılır. r_{ij} değeri ne kadar yüksekse, bağımsız değişkenler altın fiyatlarını o kadar çok etkilemektedir.

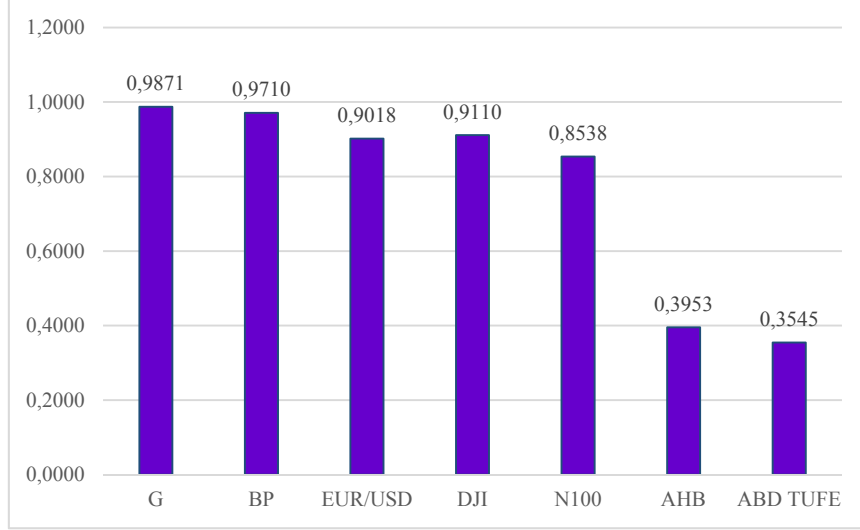
Bağımsız değişkenler ile altın fiyatları arasında herhangi bir ilişki yoksa r_{ij} değeri 0, pozitif bir ilişki var ise r_{ij} değeri pozitif, negatif yönde etkiliyorsa r_{ij} değeri negatif olacaktır.

Burada n bağımsız değişkenler olmak üzere, X dizisi, $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$, bu dizinin her bir elemanı x_i olarak ve her bağımsız değişkenden "n" adet varsa, veri setinin elemanları;

$$X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im}\} \text{şeklinde gösterilir.}$$

Veri setindeki bağımsız değişkenler ve bağımlı değişken arasındaki ilişkiye x_i ve x_j denilirse, r_{ij} değeri aşağıdaki gibi hesaplanır (Yazdani-Chamzini ve diğerleri, 2012).

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m x_{ik}x_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{ik}^2 \sum_{k=1}^m x_{jk}^2}}, 0 \leq r_{ij} \leq 1 \quad (7)$$



Şekil 6. Bağımsız Değişkenlerin Duyarlılık Analizi

Şekil 6'ya göre gümüş fiyatlarının duyarlılık derecesi katsayısı $r_G = 0,9871$ bulunmuştur. Diğer bağımsız değişkenler için ise r değeri; petrol için $r_{BP} = 0,9710$, parite için $r_{EUR/USD} = 0,9018$, Dow Jones Endeksi için $r_{DJI} = 0,9110$, Euronext 100 endeksi için $r_{N100} = 0,8538$, ABD Hazine Bonosu için $r_{AHB} = 0,3953$ ve ABD TÜFE için $r_{ABD\ TÜFE} = 0,3545$ olarak hesaplanmıştır. Gümüş ile altın fiyatları arasında güçlü bir ilişki olduğu ve birbirlerinin yerine ikame ürün olarak kullanılabilen yatırım araçları oldukları karşımıza çıkmaktadır. Altın fiyatları sırasıyla Brent petrol, Dow Jones Endeksi ve pariteden etkilenmektedir. Bu sonuç Vural (2003), Ghosh ve diğerleri (2004), Aksu (2008), Topçu (2010), Toraman ve diğerleri (2011) ve Yazdani-Chamzini ve diğerleri (2012) sonuçlarıyla örtüşmektedir. Daha önceki çalışmalarda altın fiyatlarını etkileyen makroekonomik değişkenlerin pozitif – negatif yönlü etkisi analiz edilmiştir. Bu çalışma da ise önceki çalışmalardan farklı olarak bağımsız değişkenlerin altın fiyatlarına etki oranları araştırılmıştır. Altın fiyatlarının ABD Hazine Bonosundan daha az etkilenmesinin nedeni değişim oranının düşük olmasından kaynaklanabilir. ABD TÜFE endeksinden etkilenme oranının az olmasının sebebi tüketici fiyat endeksi aylık hesaplandığından altın değişimlerine günlük etki etmemesinden kaynaklanmaktadır. Euronext 100 endeksi daha önceki çalışmalarda kullanılmamıştır. Euronext 100 endeksi ($r_{N100} = 0,8538$), altın fiyatlarını Dow Jones gibi ($r_{DJI} = 0,9110$) yüksek oranda etkilemektedir.

7. Sonuç

Bu çalışmada altın fiyatlarını öngörmek üzere YSA kullanılmıştır. YSA ile geleneksel tahmin yöntemleri karşılaştırıldığında, YSA ile tahmin; eğitim, geçerlilik ve test aşamalarından geçtiğinden dolayı diğer yöntemlerden daha fazla veriye ihtiyaç duymaktadır. Daha fazla veri ise, tahmin edilmek istenen ekonomik değişkenlerden daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada, altın fiyatlarının öngörüsünde petrol, gümüş, EUR/USD paritesi, ABD hazine bonusu, ABD TÜFE ve diğer çalışmalardan farklı olarak Euronext 100 endeksi bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Bu bağımsız değişkenler YSA modelinin girdisi iken, bağımlı değişken olan altının ons fiyatı YSA modelinin çıktısıdır. YSA modellerinden elde edilen başarılı sonuçlar, modellerin hem iyi eğitildiğini, hem de bağımsız değişkenlerin isabetli seçildiğini göstermektedir. Duyarlılık analizine göre altın fiyatları en çok gümüş fiyatından, daha sonra sırasıyla Brent petrol, DowJones Endeksi, Euro/ABD Dolar paritesi, EuroNext100 Endeksi, ABD hazine bonusu ve ABD TÜFE değerlerinden etkilenmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda, diğer finansal ve makroekonomik değişkenlerin (hisse senedi, enflasyon, faiz oranları vb.) tahmin edilmesinde YSA kullanılarak modeller geliştirilebilir. YSA ile geliştirilen modellerin sonuçları, geleneksel istatistiki tekniklerin sonuçları ile karşılaştırılabilir.

8. Referanslar

- Aksoy, M., ve Topçu, N. (2013). Altın ile hisse senedi ve enflasyon arasındaki ilişki. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 27(1), 59-78.
- Aksu, E. (2008). *Altın piyasasında fiyat oluşumu*, (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi), Atatürk Üniversitesi.
- Ariovich, G. (1983). The impact of political tension on the price of gold. *Journal For Studies in Economics and Econometrics*, 16, 17-37.
- Aygören, H., Sarıtaş, H., Moralı, T. (2012). İMKB 100 endeksinin yapay sinir ağları ve newton nümerik arama modelleri ile tahmini. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 4(1), 73-88.
- Baker, S. A. ve Tassel, R. C. (1985). Forecasting the price of gold: A fundamentalist approach. *Atlantic Economic Journal*, 13(4), 43-51.
- Chappell, D. ve Dowd, K. (1997). A simple model of the gold standard. *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(1), 94-105.
- Chua, J. H., Sick, G., Woodward, R. S. (1990). Diversifying with gold stocks. *Financial Analysts Journal*, 46(4), 76-79.
- Deveci, D. (2013). *Predicting gold and silver spot prices in Turkey*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi), Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- Dooley, M. P., Isard, P., Taylor, M. P. (1995). Exchange rates, country-specific shocks, and gold. *Applied Financial Economics*, 5(3), 121-129.
- Dünya Bülteni. (2008) Erişim adresi: <http://www.dunyabulteni.net/index.php?aType=haberArchive&ArticleID=36654>
- Elmas, Ç. (2003). *Yapay sinir ağları kuram mimari uygulama*. İstanbul: Seçkin Yayıncılık.
- Erer, D. (2011). *Altın piyasasındaki oynaklık ve altın vadeli işlem sözleşmesi ile korunma yolu*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Ghosh, D., Levin, E. J., Macmillan, P., Wright, R. E. (2004). Gold as an inflation hedge? *Studies in Economics and Finance*, 22(1), 1-25.
- Kaufmann, T. D. ve Winters, R. A. (1989). The price of gold: A simple model. *ResourcesPolicy*, 15, 309-313.
- Kaynar, O., Taştan, S., Demirkoparan, F. (2010). Ham petrol fiyatlarının yapay sinir ağları ile tahmini. *Ege Akademik Bakış*, 10(2), 559-573.
- Kolluri, B. R. (1981). Gold as a hedge against inflation: An empirical investigation. *Quarterly Review of Economics and Business*, 21, 13-24.
- Laurent, R. D. (1994). Is there a role for gold in monetary policy?. *Economic Perspectives (Federal Reserve Bank of Chicago)*, 18, 2-14.
- Levin, E. J. ve Wright, R. E. (2006, June). Short - run and long - run determinants of the price of gold. World Gold Council. Erişim Adresi: <https://www.gold.org/>
- Lili, L., ve Chengmei, D. (2013). Research of the influence of macro-economic factors on the price of gold. *Procedia Computer Science*, 17, 737-743.

- Mahdavi, S. ve Zhou, S. (1997). Gold and commodity prices as leading indicators of inflation: Tests of long-run relationship and predictive performance. *Journal of Economics and Business*, 49, 475-489.
- Menase, M. (2009). *Altın piyasası ve Türkiye'de altın fiyatlarını etkileyen faktörlerin analizi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Moore, G. H. (1990). Gold prices and a leading index of inflation. *Challenge*, 33(4), 52-56.
- Öztemel, E. (2006). *Yapay sinir ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Öztürk, F. ve Açıklan, S. (2008). Is gold a hedge against turkish lira? *South East European Journal of Economics and Business*, 3(1), 35-40.
- Ranson, D. (2005a). *Why gold, not oil, is the superior predictor of inflation*. London: World Gold Council.
- Ranson, D. (2005b). *Inflation protection: Why gold works better than "linkers"*. London: World Gold Council.
- Ross, T. J. (2004). *Fuzzy logic with engineering applications* (2nd ed). John Wiley & Sons Ltd.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M. (2003). *Mühendislikte yapay zeka uygulamaları: Yapay sinir ağları*. Kayseri : Ufuk Kitap Kırtasiye-Yayıncılık.
- Sefa, M. (2013). *Türkiye'deki altın fiyatlarının ekonometrik analizi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Sherman, E. J. (1982). New gold model explains variations. *Commodity Journal*, 17, 16-20.
- Sherman, E. J. (1983). A gold pricing model. *Journal of Portfolio Management*, 9, 68-70.
- Sherman, E. J. (1986). *Gold investment: Theory and application*. New York: Prentice Hall.
- Sjaastad, L. A. (2008). The price of gold and the exchange rates: Once again. Erişim adresi http://www.is.uwa.edu.au/_Data/Assets/Pdf_File/0011/98660/07_20_Sjaastad.Pdf
- Sjaastad, L. ve Scaccivillani, F. (1996). The price of gold and the exchange rate. *Journal of International Money and Finance*, 15, 879-897.
- Smith, G. (2001). The price of gold and stock price indicates for the United States. Erişim Adresi <https://Www.Gold.Org/Download/Value/Stats/Research/Pdf/Goldandusstockindicesdec2001%20fina.Pdf>
- Smith, G. (2002). London gold prices and stock price indices in Europe and Japan. Erişim Adresi <https://Www.Gold.Org/Download/Value/Stats/Research/Pdf/Goldandeuipstockindicesfeb2002.Pdf>
- Şen, Z. (2004). *Yapay sinir ağları ilkeleri*. İstanbul: Su Vakfı.
- Taşçı, F. İ. (2010). *Ekonometrik bir yaklaşımla altın piyasasının incelenmesi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Topçu, A. (2010, Ocak). Sermaye Piyasası Kurulu. Altın fiyatlarını etkileyen faktörler. Erişim adresi <http://Www.SpK.Gov.Tr/Yayingoster.aspx?Yid=1016&Ct=F&Action=Displayfile>
- Toraman, C., Başarı, Ç., Bayramoğlu, M. F. (2011). Altın fiyatlarını etkileyen faktörlerin tespiti üzerine: Mgarch modeli ile bir inceleme. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 3(1), 1-20.
- Tully, E. ve Lucey, B. M. (2005). An appgarch investigation of the main influences on the gold price. Erişim adresi: <http://Ssrn.Com/Abstract=792205>
- Vural, M. G. (2003). *Altın piyasası ve altın fiyatlarını etkileyen faktörler*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, Piyasalar Genel Müdürlüğü.
- Yarar, A. (2004). *Beşşehir gölü su seviyesi değişimlerinin yapay sinir ağları ile belirlenmesi*, (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Yazdani-Chamzini, A., Yakhchali, S. H., Volungeviçienė, D., Zavadskas, E. K. (2012). Forecasting gold price changes by using adaptive network fuzzy inference system. *Journal of Business Economics And Management*, 13(5), 994-1010. <http://dx.doi.org/10.3846/16111699.2012.683808>