

**TÜRKİYE CUMHURİYET MERKEZ BANKASI ALTIN REZERVİNİN  
HOLT-WINTERS ÜSTEL DÜZLEME YÖNTEMİ VE YAPAY SİNİR  
AĞLARI İLE İNCELENMESİ****İbrahim DEMİR<sup>1</sup> Tuğçe GENÇ<sup>2</sup> Hasan Aykut KARABOĞA<sup>3</sup>****Öz**

Merkez Bankaları ülkelerin finansal düzenlemelerinin yapılması ve ülkenin genel ekonomik dengelerinin korunması için çalışmaktadırlar. Bunun için beklenmedik ihtiyaçlar doğduğunda kullanmak üzere rezerv bulundururlar. Ancak belirsizliğin yoğun olduğu finans piyasalarında piyasa hareketlerinin doğru tahmin yöntemleriyle desteklenmemesi beklenmedik sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle merkez bankaları, ülkelerinin finansal yapısını göz önüne alarak rezervleri ile ilgili tahmin çalışmaları yürütmektedirler. Piyasada meydana gelen dalgalanmalar verilerin klasik istatistiksel yöntemlerle modellenmesini zorlaştırmaktadır. Birçok çalışmada yapay zekâya dayalı tekniklerin doğrusal olmayan verilerin modellenmesinde klasik tekniklerle göre üstün performans gösterdiği belirtilmektedir. Bu amaçla çalışmamızda Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB)'nin aylık altın rezervi Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Holt-Winters Üstel Düzleme yöntemleri ile analiz edilmiştir. Çalışmada Aralık 1987– Mayıs 2017 dönemine ait aylık ağırlıklı ortalama rezerv tutarları (\$/milyon) kullanılmıştır. Toplamsal Holt-Winters Üstel Düzleme yöntemiyle elde edilen modelin performans sonuçları YSA modeli ile karşılaştırılmıştır. R<sup>2</sup>, MAPE ve RMSE değerleri bakımından YSA modeli Toplamsal Holt-Winters Üstel Düzleme yönteminden daha başarılı sonuçlar vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Altın Rezervi, Yapay Sinir Ağları, RMSE, Holt-Winters Üstel Düzleme

**INVESTIGATION OF THE REPUBLIC OF TURKEY CENTRAL  
BANK'S GOLD RESERVE WITH HOLT-WINTERS EXPONENTIAL  
SMOOTHING AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS****Abstract**

The Central Banks carry out various studies to make financial arrangements for their countries. In addition, central banks hold reserves for unexpected needs. However, using wrong forecasting methods in a volatile financial market may cause unexpected consequences. From this point, central banks use prediction methods considering the financial structure of their countries. The economic fluctuations make it difficult to model data with classical statistical methods. In recent years, new modeling techniques are generally superior to classical techniques in modeling nonlinear data. We investigated Central Bank of Turkey's monthly gold reserves with Artificial Neural Networks (ANN) and Holt-Winters Exponential Smoothing methods. Monthly weighted average reserve amounts (\$/million) for the period of December 1987 to May 2017 were used in the study. Additive Holt-Winters Exponential Smoothing model's performance compared with the ANN model. ANN method yielded more successful results in terms of R<sup>2</sup>, MAPE and RMSE values.

**Keywords:** Gold Reserve, Artificial Neural Network, RMSE, Holt-Winters Exponential Smoothing

1 Doç.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, idemir@yildiz.edu.tr, orcid.org/0000-0002-2734-4116

2 Yüksek Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, ttugce.genc@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2960-046X

3 Arş.Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, karaboga@yildiz.edu.tr, orcid.org/0000-0001-8877-3267

## 1. Giriş

Altın, ışıldayan parlak sarı yapısı, asitlere karşı dayanıklılığı, doğada serbest halde bulunması ve kolay işlenebilir olması nedeniyle tarih boyunca insanların ilgisini çekmiştir. 7000 yıllık bir geçmişe sahip olan altın tarih boyunca gücün, hükümdarlığın ve zenginliğin göstergesi olmuştur. Ayrıca bir parasal varlık olarak da yüzyıllar boyunca servetlerin, değer ve zenginliklerin değişim aracı olarak hizmet eden altın günümüze kadar değerini koruyarak modern ekonomide kendisine önemli bir yer edinmiştir (Goodman, 1956; Tully ve Lucey, 2007). Nadir bulunan bir metal olması nedeniyle bu değerli maden gümüş ve bakır ile birlikte yüzyıllarca para olarak kullanılmıştır (Ciner, 2001).

Sınırlı üretim hacminin olması, elastik olmayan arz yapısı, aynı özelliğe sahip başka bir madenin olmaması ve rezerv aracı olarak merkez bankaları tarafından sık kullanımı altını diğer madenlerden ayıran en temel özelliklerindedir (Kaplan, 2003: 11-12). Ayrıca altının kolay işlenebilir olması, ısı ve elektrik iletkenliğinin olmasının yanında estetik yapısından dolayı endüstriyel ve mücevher sektöründe kullanılmaktadır. Ülke ekonomilerinde ise enflasyona, krizlere ve riske karşı önlem amacıyla da güvenilir bir yatırım aracı olarak tercih edilmektedir (Kaufmann ve Winters, 1989; Ciner, 2001; Draper vd., 2006).

Enflasyon veya deflasyon gibi ekonomik dengeleri bozacak durumların kontrol altında olması istikrarlı ekonomik gelişim ile mümkün olmaktadır. Ülkenin para otoriteleri ise ülke rezervlerinin durumuna göre istikrarlı para politikaları izleyerek ülkenin ekonomik dengelerinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Friedman, 1968). İlk çağlardan Modern ekonomiye geçişe kadar altının uluslararası para sisteminde rolü zamanla gelişmiştir. Altın, 19. yüzyılın ortalarından sonra uluslararası para sistemi belli başlı aşamalardan geçmiştir. Merkantilist Dönemde servet, değerli madenlerin bolluğu ile değerlendirilmiştir. Buna göre altın ve gümüş bir devletin servetini oluşturmakla kalmayıp hem ekonomik hem de siyasal gücün göstergesi olmuştur. Altın Standardında, esas para belli ayar ve ağırlıkta basılmış altın para veya altın külçeler olmuştur. Ödemeler nihai olarak bu para ile yapılmıştır (Zarakolu, 1989: 19). 1929 Bunalımı Döneminde, Altın Standardı döneminde alınan kararların dışına çıkmış, oluşan finansal açıklar para basılarak giderilmeye çalışılmıştır (Romer ve Romer, 1989). Bretton Woods Dönemi ve Altın Kambiyo Sisteminde, ABD Doları uluslararası 'rezerv para' statüsüne kavuşmuş, anahtar para olarak sistemde yerini almıştır. Buna göre altından tasarruf edilerek uluslararası ödemelerde kullanılacak rezerv miktarını artırmak ve ödemelerde rahatlık sağlamak amaçlanmıştır. Altın nihai rezerv varlığı haline gelmiştir (Taylor, 1999; Green, 1999; Eichengreen ve Temin, 2000). Serbest Altın Piyasası Döneminde farklı para birimleri arasında dalgalı kur modeline geçilmeye başlanmıştır. Bu dönemde doların altın konvertibilitesi sürekli olarak kaldırılmıştır. Altın parasal sistemde rezerv aracı olmaktan çıkarılmış ve dövize dayalı rezerv sistemine geçilmiştir. Ancak bu altının dolara karşı dengeleyici bir yatırım aracı olarak gelişmesini sağlamıştır (Taylor, 1999; Eichengreen ve Temin, 2000; Tully ve Lucey, 2007). Özetle, uluslararası para sisteminin gelişimi, ekonomik güçlerin yükselişinden ve

düşüşünden, uluslararası ekonomik ilişkilerin değişmesinden ve çeşitli krizlerden geçerek nihai durumuna ulaşmıştır.

İmparatorlukların hazinelerinin büyüklüğünün sembolü olan altın modern anlamda merkez bankalarının rezerv araçlarından biri haline gelmiştir. Dünyada ekonomik dengeler zamanla değişim göstermekte ve krizlere sebep olabilmektedir. Oluşabilecek döviz krizleri ve döviz dar boğazına karşın merkez bankaları rezervlerinde çeşitliliği arttırmak adına dövizin yanında altını da rezerv aracı olarak görmekteyiz. Altının stratejik bir rezerv aracı olması ve her an nakde çevrilebilme özelliği nedeni ile rezervlerin bir kısmının altın olarak tutulması tercih edilmektedir (Taylor, 1999; Eichengreen ve Temin, 2000; Tully ve Lucey, 2007).

Merkez bankaları çeşitli amaçlarla rezerv bulundurmaktadırlar. Bu amaçla merkez bankaları ülkenin para ve kur politikalarını desteklemek, kriz dönemlerinde veya sınırlı likiditeye sahipken bankalara likidite sağlamak, dış borç ödemelerini gerçekleştirmek ve ülkenin diğer döviz ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlamak, ödemeler dengesini sağlayarak ülkeye olan güveni arttırmak ve olağan dışı durumlara karşı korunmak için rezervlerini kullanmaktadırlar (Eichengreen ve Temin, 2000; Ciner, 2001; Peters ve Egan, 2001; Draper vd., 2006; Tully ve Lucey, 2007). Altın rezervleri, rezerv yönetim politikası ve uluslararası bankacılık teamüllerine bağlı kalınarak doğrudan alım/satım, vadeli ve vadesiz altın deposu, altın swapları, stand-by imkanları ve location swap işlemleri yapılarak değerlendirilmektedir (TCMB, 2018).

Dünya Altın Konseyi (WGC)'nin 2017 Mayıs ayı istatistiklerine göre en çok altın rezervine sahip ülke 8.133,5 tonluk altın rezervi ile ABD'dir. Bunu sırasıyla Almanya, IMF, İtalya, Fransa ve Çin izlemektedir. Türkiye bu listede 427,8 tonluk altın rezervi ile 13. sırada yer almaktadır. TCMB toplam rezervlerinin %16,2'sini altın olarak tutmaktadır. Görüldüğü gibi altın rezervi aynı zamanda ekonomik gücü ve ekonomik güveni temsil etmektedir.

Bu amaçla çalışmamızda TCMB'nin Aralık 1987 - Mayıs 2017 dönemlerine ait aylık altın rezervi temel alınarak Zaman serileri ve Yapay Sinir Ağları ile analiz edilmiştir. Öncelikle klasik zaman serisi yöntemlerinden Holt-Winters Üstel Düzleme yöntemi ile ardından YSA yöntemlerinden Otoregresif Yapay Sinir Ağları ile veriler modellenmiştir. Ardından her iki yöntemin Ortalama Mutlak Yüzdese Hata (MAPE)(Tayman ve Swanson, 1999), Ortalama Hata Karelerinin Karekökü (RMSE) (Barnston, 1992) ve Açıklayıcılık Katsayısı ( $R^2$ ) (Makridakis vd., 1997) değerleri bulunarak performansları karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki yöntem ile Haziran 2017 - Mart 2018 dönemi için öngörü değerleri oluşturularak gerçek değerlerle kıyaslanmıştır.

## 2. Literatür

Yapılan birçok akademik çalışmada araştırmaların genellikle altın fiyatlarının tahmin edilmesi ve altın fiyatlarına etki eden faktörlerin incelenmesi üzerine olduğu görülmüştür (Ciner, 2001; Peters ve Egan, 2001; Draper vd., 2006; Tully ve Lucey, 2007; Matroushi, 2011; Gültekin ve Hayat, 2016; Paksoy, 2017). Literatürde altın rezervleri ile ilgili çalışmalara pek rastlanmamıştır. Yapılan

çalışmalarda ise genellikle altın rezervlerini etkileyen ekonomik değişkenlerle altın rezervleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

YSA ve diğer yöntemlerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin Budak ve Erpolat (2012) kredi risklerinin tahmin edilmesinde kullanmak amacıyla kredi talep eden bir müşterinin kredisini düzenli ödeyip ödemeyeceğinin tahmini üzerine çalışmışlardır. Yapılan çalışmada lojistik regresyon analizi ve YSA kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda YSA'nın müşterilerin ödeme alışkanlıklarının düzenli olup olmayacağını tahmin edilmesinde lojistik regresyon analizinden daha üstün sonuç verdiği tespit edilmiştir. Çuhadar vd. (2009) üstel düzleştirme ve Box-Jenkins yöntemleri ile YSA'nın tahmin başarılarını karşılaştırmışlardır. En iyi tahmin modeli ile Antalya'nın aylık dış turizm talebi tahmin edilmiştir. Çalışmada 1992:01-2005:12 döneminde Antalya'ya gelen yabancı turist sayısı verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmada orijinal veriler kullanılarak oluşturulan 12 gecikmeli YSA'nın en iyi tahmin modeli olduğu görülmüş ve bu model ile 2009 yılı için Antalya'ya yönelik aylık dış turizm talebi tahmin edilmiştir. Asilkan ve Irmak (2009), YSA yardımıyla ikinci el otomobillerin gelecekteki fiyatlarının tahmini üzerine çalışmışlardır. Veriler Avrupa kökenli ikinci el otomobil web sitelerinden elde edilmiştir. YSA ile bulunan sonuçlar zaman serisi tahmin yöntemleri sonuçları ile karşılaştırıldığında YSA'nın ikinci el otomobil fiyatlarının tahmininde başarıyla kullanılabileceği ortaya çıkarılmıştır. Kaynar ve Taştan (2009) çalışmalarında Box-Jenkins yöntemi ile YSA'nın karşılaştırmasını yapmışlardır. Kullanılan veriler günlük ve aylık döviz (YTL/\$) kuru verileridir. Çalışmada birçok Box-Jenkins ve YSA modelleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda finansal verilerin tahmininde YSA'nın başarıyla kullanılabilecek bir yöntem olduğu vurgulanmıştır.

Altın fiyatlarının tahmin edilmesi üzerine literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Benli ve Yıldız (2014) çalışmasında altın fiyatları zaman serisi yöntemleri ve YSA'nın tahmin performansları incelenmiştir. Analizde İstanbul Altın Borsası'ndan alınan 1996:01-2013:12 dönemini kapsayan verilerin, aylık ağırlıklı ortalama altın fiyatları (\$/ons) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Otoregresif Hareketli Ortalamalar (ARIMA) modelinin YSA'ndan daha başarılı olduğu bulunurken, YSA modelinin Holt'un doğrusal trend yöntemine ve Basit Üstel Düzleştirme yöntemine göre daha başarılı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Moradi vd. (2015) çalışmalarında altın fiyatlarını Veri İşleme Grup Yöntemi (GMDH) sinir ağı ve Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) yöntemini kullanarak tahmin etmeye ve bu iki yöntemin performansını değerlendirmeye çalışmıştır. Bu amaçla 2007-2012 yılları arasındaki haftalık veriler analiz edilmiştir. Karar modellerinin belirlenmesinde GMDH sinir ağının daha yüksek performans göstermesinin yanı sıra hızlı yakınsama yapabilmesi, yüksek doğruluk oranı ve güçlü bir ağ işleyişine sahip olması MLP'ye göre GMDH sinir ağının daha iyi bir performansa sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Mombeini ve Yazdani-Chamzini (2015) tarafından yapılan çalışmada altın fiyatlarının modellenmesinde YSA ve ARIMA modellerinin performansları karşılaştırılmıştır. Geliştirilen farklı modellerin performanslarını değerlendirmek için  $R^2$ , RMSE ve MAE performans ölçütleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda YSA modelinin ARIMA modelinden daha iyi performans sergilediği gösterilmiştir. Kocak ve Un (2014) çalışmasında 2014:02-2014:06

dönemine ait verileri kullanarak altın getirilerinin tahmin edilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu amaçla YSA ve Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda YSA, GJR GARCH yöntemi ile karşılaştırıldığında daha az başarılı sonuç vermiştir. Khalid vd. (2014) çalışmalarında Pakistan'daki altın fiyatlarını tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmada 2005:12-2013:04 yılları arasındaki aylık verilerden yararlanılmıştır. Bu amaçla tahmin için ARIMA Modeli, Basit Dalgacık Metodu ve Dalgacık Sinirsel Metodu kullanılmıştır. Sonuç olarak Dalgacık Sinirsel Dönüşümü yönteminin geri kalan modellere göre daha iyi tahmin kesinliğinin olduğu ortaya çıkarılmıştır. Kia vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada MLP ve Radyal Taban Fonksiyonu (RBF) sinir ağlarını kullanarak, ARIMA yönteminin hatasını azaltmak ve döviz kuru zaman serilerini tahmin etmek için yeni bir hibrid modeli kurulmuştur. Oluşturulan iki seviyeli hata modelleme sürecinde tahmin ve modellemenin nihai sonucunun tek bir ARIMA yöntemi veya tek bir MLP veya RBF sinir ağı tarafından elde edilebilecek sonuçlardan daha iyi olduğu görülmüştür.

Cılız (2010) çalışmasında makroekonomik veriler ile altın rezervleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ekonomik yapının ülkelerin altın rezervlerine olan etkisini ölçmek ve ülkelerin altın rezervleri ile ilgili olarak altın rezerv oranları yönünden hangi ülkelerin birbiri ile benzer olduğunu ortaya koymaya çalışmıştır. Bu amaçla kümeleme ve panel veri analizi üzerine çalışmıştır. Kümeleme analizinin sonucu incelendiğinde dört farklı grubun meydana geldiği görülmüştür. Panel veri analizinin sonucu incelendiğinde altın rezervi üzerinde faiz, dolar ve borç stokunun etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Faiz oranları ile borç stoku değişkenlerinin altın rezerv oranlarını pozitif yönde etkiledikleri, dolar değişkeninin altın rezerv oranlarını negatif yönlü etkilediği görülmüştür. Yaman (2003), çalışmasında Türkiye'de 1988-2002 yılları arasındaki rezerv ve bileşenlerinin gelişimini anlatarak Türkiye'nin uluslararası rezerv yeterliliği irdelenmiştir. Ayrıca 2001 yılı itibariyle Türkiye ve dalgalı döviz kuru sistemi uygulayan 24 ülke rezervleri karşılaştırılmıştır. Yapılan ekonometrik çalışmalar sonucunda rezerv seviyesinin, dış borç ödeyememe olasılığı ve fırsat maliyetleri göz önüne alınarak hesaplanan optimum rezerv seviyesinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır. Kurulan modelde optimum rezerv seviyesi hesaplamasında fırsat maliyetinin büyük rol oynadığı ve ülkemiz için dış borç ödeyememe maliyet ve olasılık hesaplamaları düşük çıkmıştır. Sonuç olarak optimum seviye ile gerçekleşen rezerv seviyeleri arasındaki farkın bundan dolayı oluştuğu kanaatine varılmıştır.

### 3. Yöntem

#### 3.1. Üstel Düzleme

Üstel Düzleme, geçmiş dönem verilerine farklı ağırlıkların verildiği yöntemleri içerir. Üstel kelimesi, analiz edilecek zaman serisi verilerinin son dönemde gerçekleşmiş olan verilere yüksek, geçmiş dönem verilerine doğru geriledikçe düşük ağırlık veren, üstel olarak azalan ağırlıklar anlamına gelmektedir(Makridakis vd., 1997).

### 3.1.1. Holt-Winters Üstel Düzleme Yöntemi

Holt-Winters tahmin yöntemi, trend ve mevsimsel etki içeren zaman serilerinde tahmin yapmak üzere geliştirilmiş bir düzleştirme tekniğidir. Bu yöntemi serinin eğimine, ortalama düzeyine ve mevsimsel bileşenine uygulamak mümkündür. Zaman serisinin varyans ölçüsüne bağımlı olarak Holt-Winters yönteminin kullanım alanı farklılıklar göstermektedir. Eğer verilerin varyansı zamanla değişmekteyse Çarpımsal Holt-Winters Yöntemi, varyansı değişmemekte ise Toplamsal Holt-Winters Yöntemi kullanılmaktadır (Makridakis vd., 1997).

#### 3.1.1.1. Çarpımsal Holt-Winters Yöntemi

Holt-Winters'in çarpımsal yöntemi için trend, mevsimsel faktörler, seviye ve tahmin için kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir (Makridakis vd., 1997: 165).

$$L_t = \frac{Y_t}{S_{t-s}} \alpha + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (3)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (4)$$

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  her biri  $[0, 1]$  aralığında bulunan düzleme parametreleri olmak üzere;

$\alpha$ : ortalama düzeyi

$\beta$ : eğim parametresi

$\gamma$ : mevsimsellik parametresi

$m$ : tahminin kaçınıcı ileriki döneme ait olduğunu belirten değer

$s$ : mevsimselliğin uzunluğunu (1 yıldaki ayların ya da çeyrek dönemlerin sayısı)

$Y_t$ : değişkenin  $t$  anındaki gözlem değeri

$L_t$ : Serinin  $t$  dönemindeki genel seviyesi

$b_t$ : Trend bileşeni

$S_t$ : Mevsimsel bileşen

$F_{t+m}$ :  $m$  ileri dönem için tahmin değerini göstermektedir.

#### 3.1.1.2. Toplamsal Holt-Winters Tekniği

Toplamsal Holt-Winters tekniğinde seviye, trend, mevsimsel faktörler ve tahmin amacıyla kullanılan denklemler sırasıyla şunlardır (Makridakis vd., 1997: 169):

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$



$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (6)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (7)$$

$$F_{t-m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (8)$$

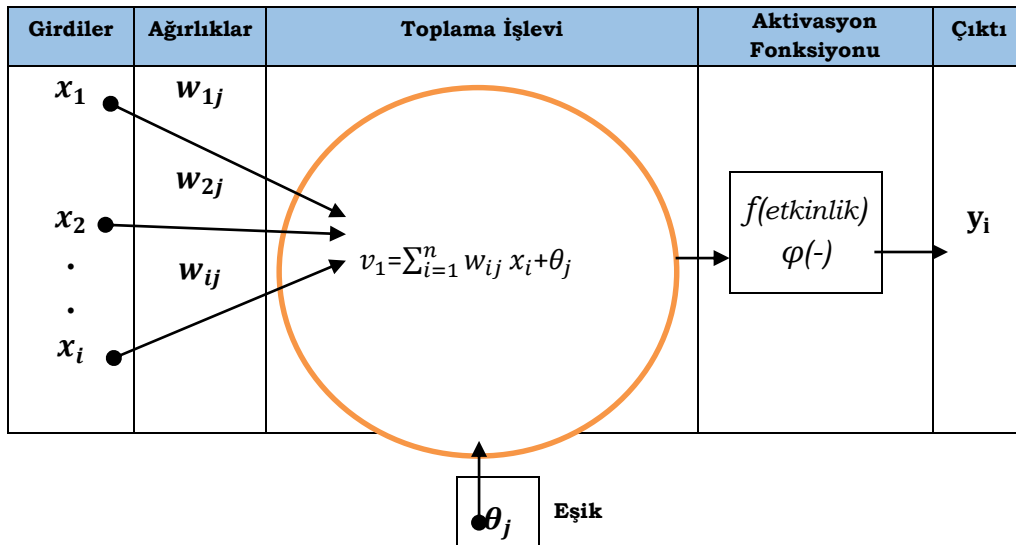
### 3.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninden esinlenerek geliştirilen, ağırlıklı bağlantılarla birbirine bağlanan, her birimin kendi belleğinin olduğu işlem elemanlarından oluşan, dağıtılmış ve paralel çalışan bilgi işleme yapılarıdır. Yani YSA biyolojik ağları taklit edebilen bilgisayar programcılarıdır. YSA paralel işlem yapıları, sinirsel-işlemciler, makine öğrenme algoritmaları ve doğal zekâ sistemleri gibi değişik isimlerle de anılmaktadırlar (Jain vd., 1996; Elmas, 2016).

YSA'yı kullanan analistler diğer tahmin yöntemlerinden farklı bir terminoloji benimsemişlerdir. Model yerine ağ, parametre yerine ağırlık gibi farklı dil kullanılmıştır. YSA geleneksel analiz yöntemlerinin aksine kendi kendine öğrenebilme, bilgiler arasında ilişki kurabilme ve ezber yapabilme yeteneklerine sahiptir. Yeni nesil bilgi işleme sistemi olan YSA en uygun değeri bulma, model seçimi ve sınıflandırılması, işlev tahmini ve veri sınıflandırılması gibi konularda başarılıdır. En genel haliyle bir YSA modeli Şekil 1'deki gibi görülebilir (Jain vd., 1996; Dreyfus, 2005; Priddy ve Keller, 2005).

YSA, düğüm veya sinir olarak adlandırılan çok sayıda işlem elemanından oluşur. En basit yapay sinir hücresi Şekil 1'de de görüleceği üzere girdiler, ağırlıklar, toplama işlevi, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı olmak üzere beş ana bileşenden oluşmaktadır. Yapay bir sinir hücresinde girdiler, o girdiye ait ağırlıklarla ağırlıklandırılarak toplandıktan sonra aktivasyon fonksiyonuna gönderilirler. Aktivasyon fonksiyonuna gelen veriler işlenerek çıktıya dönüştürülür (Jain vd., 1996; Öztemel, 2003; Dreyfus, 2005; Priddy ve Keller, 2005).

Şekil 1: Yapay Sinir Hücresi



En ilkel YSA modelinde tek katman ve tek sinir bulunur. Ancak bu tip sinir ağı modelleri karmaşık hesaplamalar için başarısızdır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için geliştirilen YSA modellerinde birbirleriyle bağlantılı olan nöronların bulunduğu girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanları bulunmaktadır. Girdi ve çıktı katmanları tek olmak üzere gizli katman sayısı birden fazla olabilir. Ağın katman sayısının araştırmacının çalışmasına bağlı olup ağın performansını etkilemektedir (Öztemel, 2003; Du ve Swamy, 2013).

### 3.2.1. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı (Multi-Layer Perceptron-MLP)

MLP, girdi katmanı, gizli katman(lar) ve çıktı katmanı olmak üzere birbirine bağlı üç katmandan oluşmaktadır. Doğrusal olmayan bir veya birden fazla girdileri gizli katmana ve sonrasında bu girdi veya girdileri çıktı katmanına bağlayan bir YSA modelidir. MLP'nin gücü gizli katmanlardaki hücreler yardımıyla doğrusal olmayan çok karmaşık fonksiyonları modelleyebilmesinde saklıdır. Bu üç katman nöronlar aracılığıyla birbirine bağlanır ve her bağlantının kuvveti ağırlık değeri ile temsil edilir (Du ve Swamy, 2013; Elmas, 2016).

Danışmanlı öğrenme yöntemlerinden biri olan MLP ağı ile tahmin en düşük hata ile en iyi çıktı ağırlığının sonuçlandığı yerde ağ üzerinde eğitim ve öğrenme eylemlerinin seçildiğini belirtir. Ağırlık değerleri, eğitim verileri seti üzerinde çeşitli optimizasyon algoritmaları kullanılarak tahmin edilmektedir. Tahmini değerler doğrulamadan sonra sabitleştirilmiş olur. Eğitilen YSA'nın tahmin gücünü değerlendirmek için test veri setine karşı test edilir.

YSA da en çok kullanılan yöntemlerden birisi de Rumelhart ve McClelland'ın çok katmanlı algoritmalar için önerdiği geri yayılım ağıdır. Geri yayılım ağı, çıktılar ve girdiler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi yakalamak için eğitim algoritması olarak kullanılmıştır. Geri yayımlı ağlar, çıktı ve ara katman çıktılarının girdi ünitelerine geriye yayılım gösterdiği bir yapıya sahiptir. Çıktı tabakasındaki nöronların çıkışı sadece mevcut hücrelere değil önceki girdi değerlerine de bağımlıdır. Bu özellik, tahmin modellerinde geriye yayılımın tercih edilmesinin sebeplerindedir (Mackay, 1992: 420).

Tipik bir geri yayılım ağında bir girdi, bir çıktı ve en az bir tane gizli katman vardır (Elmas, 2016). Esas olarak geri yayılım ağlarının öğrenme kabiliyeti, ağ eğitim sürecinde iken girdi katmanından gelen sinyallerin özelliklerini gizli katmana aktarmasından kaynaklanmaktadır. Ağın eğitim aşamasında bu katmanda saklanan veriler, daha sonraki basamaklar için uygulama aşamasında otomatik olarak alınabilir. Ağa sunulan girdi değerleri ile çıktı değerleri karşılaştırılır ve aradaki farktan kaynaklanan hata geriye doğru dağıtılarak ağırlıklar değiştirilir (Du ve Swamy, 2013).

### 3.3. Sonuçların Değerlendirilmesi

Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar  $R^2$ , RMSE ve MAPE değerleri bakımından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yöntemlerinin formülleri aşağıda verilmiştir.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (\hat{y}_t - \bar{y})^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (9)$$



$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2} \quad (10)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| * 100 \quad (11)$$

t : 1, 2, 3, ... , n

$y_t$  : gerçek değerler

$\hat{y}_t$  : elde edilen tahmini değerler

$\bar{y}$  : ortalama

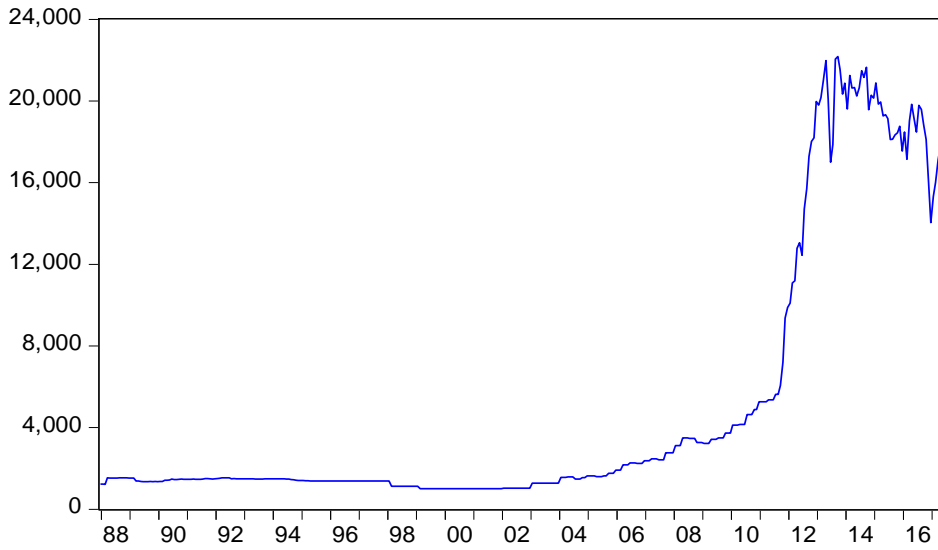
n : veri sayısını göstermektedir.

#### 4. Bulgular

Çalışmanın verileri TCMB'nin Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) üzerinden alınan aylık ağırlıklı ortalama rezerv tutarları(\$/milyon)'dır. Veriler Aralık 1987- Mayıs 2017 dönemini kapsamaktadır. Verinin grafiksel gösterimi Grafik 1' de verilmiştir.

**Grafik 1: Altın Rezervi Verilerinin Zaman Serisi Grafiği**

#### REZERV

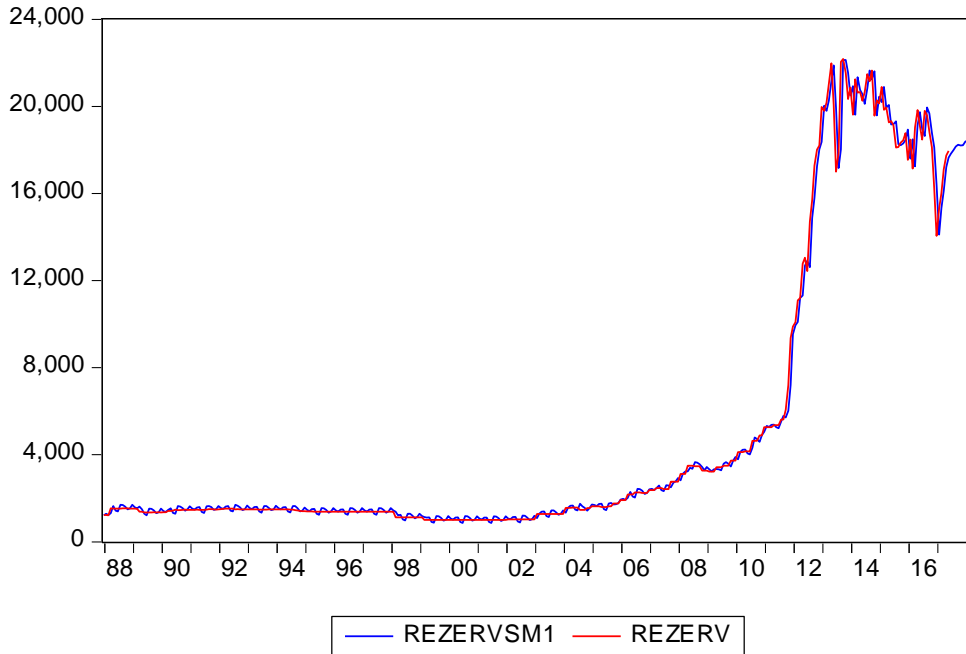


Çalışmada, YSA modeli ve Holt-Winters Üstel Düzleme yöntemlerinden hangisinin veri yapısını anlamada daha başarılı olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için Aralık 1987 ile Mayıs 2017 dönemine ait veriler modellenmiştir. Elde edilen modellerin performansları ise denklem (9), (10) ve (11)'de gösterilen performans değerlendirme formülleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca Haziran 2017 - Mart 2018 dönemleri için öngörü değerleri Tablo 3' te gösterilmiştir.

#### 4.1. Holt-Winters Üstel Düzleme Yöntemi Sonuçları

Toplamsal Holt-Winters tekniğinin kullanıldığı bu çalışmada düzleme parametrelerinin ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) optimal değerleri, hata terimlerini en küçükleyecek şekilde hesaplanmıştır. Bu değerlerin Toplamsal Holt-Winters tekniğinde sırasıyla 1, 0 ve 0 olduğu görülmüştür. Değerler incelendiğinde,  $\alpha$  parametresinin bir olması tahmin değerlerinin son dönemdeki gözlemlere bağlı olduğunu,  $\beta$  parametresinin sıfır olması trend bileşeninin zaman içinde güncellenmediğini yani başlangıç değerinden farklılaşmadığını,  $\gamma$  değerinin sıfır olması ise verilerin mevsimsellik bir yapıya sahip olmadığını göstermektedir. Zaman serisine ait Haziran 2017 – Mart 2018 dönemleri için öngörü değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

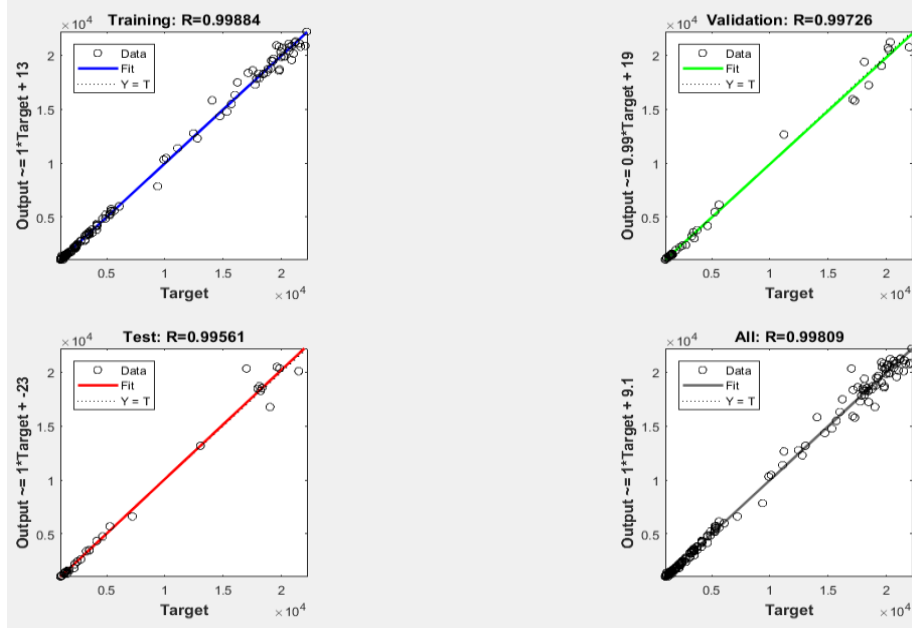
**Grafik 2: Altın Rezervinin Toplamsal Holt-Winters Üstel Düzleme Yöntemi ile Elde Edilen Değerlerinin Gerçekleşen Değerlerle Karşılaştırılması**



#### 4.2. Yapay Sinir Ağları Sonuçları

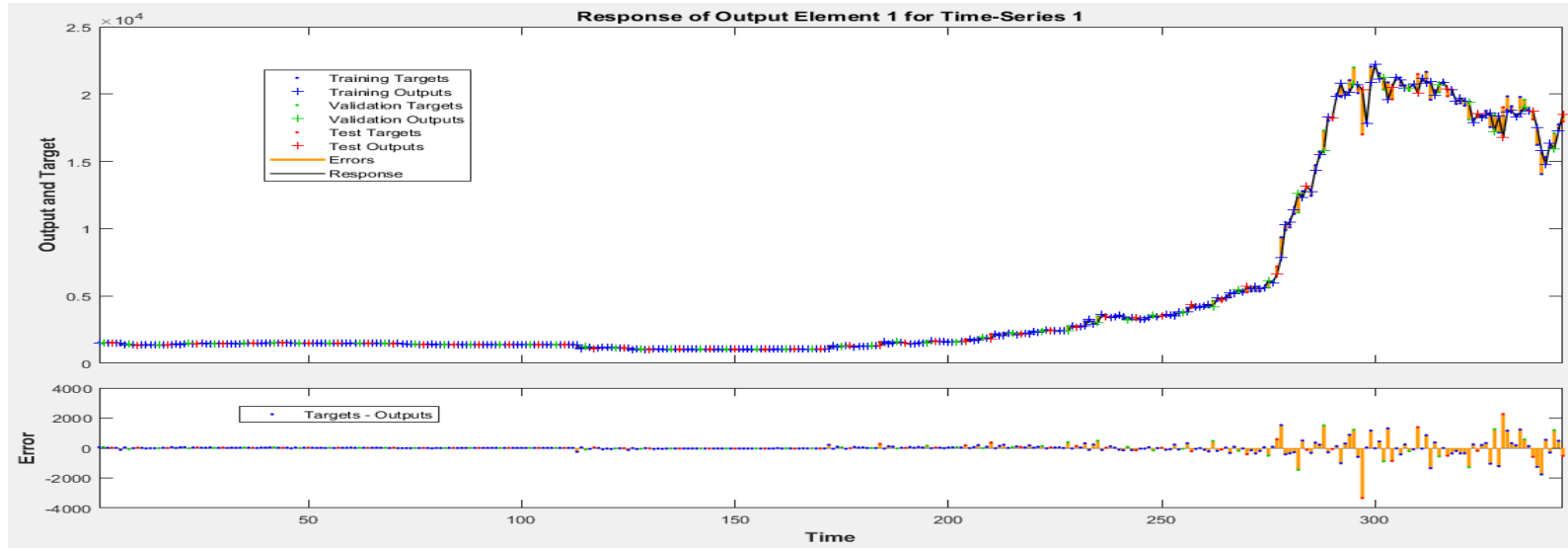
TCMB Aralık 1987 – Mayıs 2017 dönemine ait altın rezervlerine ait değerlerin modellenmesi için çok katmanlı geriye yayımlı bir YSA modeli oluşturulmuştur. Çalışmada çıktı değişkenini etkileyecek herhangi bir bağımlı değişken kullanılmadığından “Lineer Olmayan Otoregresif Sinir Ağı (NARNET)” kullanılmıştır. Verilerin %70’i eğitim, %15’i doğrulama ve %15’i test olarak değerlendirilmiştir. Bu oranlar için en iyi ağı bulmak için farklı gecikme sayıları, nöron sayıları, öğrenme oranı ve momentum değerleri kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen ağlara ait en iyi performansa sahip ağ 15 hücreli 10 gecikmeli tek katmanlı YSA modelidir.

**Şekil 2: Ağın Regresyon Şeması**



Analiz sonucunda elde edilen ağın regresyon grafiği Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 3’te ise elde edilen ağın çıktılarının gerçek değerler ile görsel olarak karşılaştırılmasını sağlayan zaman serileri grafiği verilmiştir. Ağın alt kısmında ise her bir çıktının hedef değişkeninden farkı gösterilmektedir.

**Şekil 3: Altın Rezervinin YSA Yöntemine Göre Tahmin Değerleri ile Gerçekleşen Değerlerin Karşılaştırılması**



**Tablo 1: Elde Edilen Ağların Hata Toplamları**

Gizli Katmandaki Hücre Sayısı							
		6 Hücre	7 Hücre	8 Hücre	10 Hücre	15 Hücre	20 Hücre
Gecikme Sayısı	1	2.237e+05	2.241e+05	<b>2.200e+05</b>	2.261e+05	2.218e+05	2.354e+05
	2	<b>2.210e+05</b>	2.288e+05	2.443e+05	2.258e+05	2.351e+05	2.470e+05
	3	2.247e+05	2.903e+05	<b>1.948e+05</b>	2.247e+05	2.435e+05	1.950e+05
	4	<b>1.811e+05</b>	2.001e+05	1.812e+05	1.893e+05	2.174e+05	2.007e+05
	5	2.328e+05	2.291e+05	2.400e+05	2.175e+05	<b>2.161e+05</b>	2.578e+05
	10	1.801e+05	2.068e+05	2.253e+05	2.363e+05	<b>1.700e+05</b>	2.778e+05

**Not:** Her bir gecikme sayısı için gizli katmandaki hücre sayılarına göre en küçük hata toplamı değeri koyu işaretlenmiştir.

Tablo 2’de yöntemlerin karşılaştırılması için elde edilen  $R^2$ , RMSE ve MAPE değerleri gösterilmiştir. Holt-Winters Üstel Düzleme yöntemine göre elde edilen açıklayıcılık katsayısı daha düşüktür. Modellerin performansını değerlendirmek için kullanılan ve gerçek değerlerle modelin tahmin değerleri arasındaki hata oranını belirlemek için kullanılan RMSE değerine göre de YSA daha iyi sonuç vermiştir. MAPE değeri bakımından yine YSA daha iyi performans göstermiştir.

**Tablo 2: Model Performanslarının Karşılaştırılması**

	$R^2$	RMSE	MAPE
Toplamsal Holt - Winters Üstel Düzleme Yöntemi	0,989	518,027	6,393
Yapay Sinir Ağları	0,996	412,104	2,997

YSA ile elde edilecek olan öngörü değerlerinin Holt-Winters Üstel Düzleme yöntemi ile elde edilen öngörü değerleri Tablo 3’te karşılaştırılmıştır. Değerler incelendiğinde 2017:06 dönemi hariç diğer tüm dönemlerde YSA’nın öngörü değerleri gerçek değerlere Holt-Winters Üstel Düzleme yönteminin öngörü değerlerinden daha yakın sonuçlar vermiştir.

**Tablo 3: Holt-Winters Üstel Düzleme ve YSA Yöntemleri için Haziran 2017 – Mart 2018 Dönemleri Aylık Öngörü Değerleri**

Dönem	Gerçekleşen	Holt-Winters	YSA
2017-06	18512,000	17821,103	19069,841
2017-07	19295,000	17992,003	20441,483
2017-08	19898,000	18153,162	21094,650
2017-09	20440,000	18241,148	20670,158
2017-10	21420,000	18201,469	20481,916
2017-11	22595,000	18210,531	20321,659
2017-12	23541,000	18379,208	20441,069
2018-01	25341,000	18439,022	20806,411
2018-02	25240,000	18446,877	20825,411
2018-03	25345,000	18549,315	20423,798

## 5. Sonuç

Merkez Bankaları ülkenin önemli bir güven unsuru olarak altın rezervi tutmaktadırlar. Tutulan rezerv oranları zaman zaman değişmektedir. Ancak kaynakların doğru kullanılamaması ülkenin kalkınmasını engellemektedir. Bu bakımdan eldeki kaynakların doğru modellerle dengede tutulması gerekmektedir. Buradan hareketle merkez bankaları, ülkelerinin finansal yapısını göz önüne alarak rezervleri ile ilgili tahmin çalışmaları yürütmektedirler. Ancak bu çalışmalarda verilerin çeşitli piyasa hareketleri nedeniyle klasik yöntemlerle modellenmesi zorlaşmaktadır. Bilindiği gibi yapay zekâya dayalı yeni teknikler doğrusal olmayan verilerin modellenmesinde klasik tekniklere göre üstün performans göstermektedirler. Bu amaçla bu çalışmada TCMB’nın aylık altın rezervi YSA ve Holt-Winters Üstel Düzleme yöntemleri ile incelenmiştir. Ayrıca Haziran 2017- Mart 2018 dönemi için elde edilen modellerin 10 aylık öngörü değerleri hesaplanmıştır.

Modeller karşılaştırıldığında birimlerin gerçekleşen değerleri ve tahminleri arasındaki farkı yüzdesel olarak yansıtan MAPE değerleri bakımından YSA'nın daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Açıklayıcılık katsayısı ve RMSE değerleri bakımından yine YSA daha başarılı sonuç vermiştir. Sonuçlar incelendiğinde YSA tek veriye bağımlı olarak oluşturulsa da gerçekleşen sonucu ortaya çıkarması yöntemin başarısını kanıtlamaktadır. Tablo 3'te de verildiği gibi YSA, Toplamsal Holt-Winters Üstel Düzleme yöntemine göre gerçekleşen değerlere daha yakın öngörü değerleri üretmiştir. Ancak gerçekleşen değerler öngörü değerlerinden daha hızlı artmıştır. Bu nedenle kullanılan verilerin modellenmesinde daha uzun dönemli tahmin yapıldığında modelin başarısında düşüş gözlenmesi muhtemeldir. Yani farklı verilerin de analize dâhil edilebildiği yeni modeller oluşturularak ve veri seti genişletilerek yöntemler değerlendirilmelidir. Sonuç olarak, bu verinin modellenmesinde YSA'nın klasik yöntemlerden Holt-Winters Üstel Düzleme Yöntemine göre daha başarılı sonuçlar ürettiği ortaya çıkarılmıştır.

### Kaynakça

- Asilkan, Ö., ve Irmak, S. (2009). İkinci El Otomobillerin Gelecekteki Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 375-391.
- Barnston, A. G. (1992). Correspondence Among The Correlation, RMSE, And Heidke Forecast Verification Measures; Refinement Of The Heidke Score. *Weather and Forecasting*, 7(4), 699-709.
- Benli, Y. K., ve Yıldız, A. (2014). Altın Fiyatının Zaman Serisi Yöntemleri ve Yapay Sinir Ağları ile Öngörüsü. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 213-224.
- Budak, H., ve Erpolat, S. (2012). Kredi Riski Tahmininde Yapay Sinir Ağları ve Lojistik Regresyon Analizi Karşılaştırılması. *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 3(9), 23-30.
- Cılız, C. (2010). Ülke Altın Rezerv Oranlarını Etkileyen Faktörlerin Kantitatif Olarak Analiz Edilmesi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Ciner, C. (2001). On the Long Run Relationship Between Gold and Silver Prices a Note. *Global Finance Journal*, 12(2), 299-303.
- Çuhadar, M., Güngör, İ., ve Göksu, A. (2009). Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini ve Zaman Serisi Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Analizi: Antalya İline Yönelik Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1).
- Draper, P., Faff, R. ve Hillier, D. (2006). Do Precious Metals Shine? An Investment Perspective. *Financial Analysts Journal*, 62, 98-106.
- Dreyfus, G. (2005). *Neural Networks: Methodology and Applications*. Paris: Springer Science ve Business Media.
- Du, K. L., ve Swamy, M. N. (2013). *Neural Networks and Statistical Learning*. New York: Springer Science ve Business Media.



- 
- Eichengreen, B., ve Temin, P. (2000). The Gold Standard and the Great Depression. *Contemporary European History*, 9(2), 183-207.
- Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zeka Uygulamaları:(Yapay Sinir Ağı, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma)*. Seçkin Yayıncılık.
- Friedman, M. (1968). The Role of Monetary Policy. *The American Economic Review*, 58(1), 1-17.
- Goodman, B. (1956). The Price of Gold and International Liquidity. *Journal of Finance*, 11, 15-28.
- Green, T. (1999). Central Bank Gold Reserves. Research Study, 23, *World Gold Council*.
- Gültekin, Ö. E., ve Hayat, E. A. (2016). Altın Fiyatını Etkileyen Faktörlerin VAR Modeli ile Analizi:2005-2015 Dönemi. *Ege Akademik Bakış*, 16(4), 611.
- Jain, A. K., Mao, J., ve Mohiuddin, K. M. (1996). Artificial Neural Networks: A Tutorial. *Computer*, 29(3), 31-44.
- Kaplan, K. (2003). *Türkiye'de Kuyumculuk ve Altın*. İstanbul Ticaret Odası, Yayın No: 2003-43.
- Kaufmann, T. ve Winters, R. (1989). The Price of Gold: A Simple Model. *Resource Policy*, 19, 309 -318.
- Kaynar, O., ve Taştan, S. (2009). Zaman Serisi Analizinde MLP Yapay Sinir Ağları ve ARIMA Modelinin Karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (33), 161-172.
- Khalid, M., Sultana, M. ve Zaidi, F. (2014). Forecasting Gold Price: Evidence from Pakistan Market. *Research Journal of Finance and Accounting*, 5(3), 70-74.
- Kia, A. N., Fathian, M., ve Gholamian, M. R. (2012). Using MLP and RBF Neural Networks to Improve the Prediction of Exchange Rate Time Series with ARIMA. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 2(4), 543.
- Kocak, H., ve Un, T. (2014). Forecasting the Gold Returns with Artificial Neural Network and Time Series. *International Business Research*, 7(11), 139.
- MacKay, D.J.C. (1992). Bayesian Interpolation. *Neural Computation*, 4(3), 415-447.
- Makridakis S., Wheelwright S.C. ve Hyndman R. J. (1997). *Forecasting: Methods and Applications*. New York: John Wiley and Sons.
- Matroushi, S. (2011). Hybrid Computational Intelligence Systems Based on Statistical and Neural Networks Methods for Time Series Forecasting: The Case of Gold Price. (Yüksek Lisans Tezi). Lincoln Üniversitesi, Yeni Zelanda.
-

- Mombeini, H., ve Yazdani-Chamzini, A. (2015). Modeling Gold Price Via Artificial Neural Network. *Journal of Economics, Business and Management*, 3(7), 699-703.
- Moradi, H., Jokar, I., ve Forouzentabar, A. (2015). Modelling and Forecasting Gold Price Using GMDH Neural Network. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 5(1), 30-41.
- Öztemel, E. (2003). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Paksoy, S. (2017). Hibrit Markov Zinciri Süreci ile Altın Getirisinin Öngörülmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 29-49.
- Peters, C., ve Egan, P. (2001). The Performance of Defensive Investments. *The Journal of Alternative Investments*, 4(2), 49-56.
- Priddy, K. L., ve Keller, P. E. (2005). *Artificial Neural Networks: An Introduction* (Vol. 68). SPIE Press.
- Romer, C. D., ve Romer, D. H. (1989). Does Monetary Policy Matter? A New Test in the Spirit of Friedman and Schwartz. *NBER Macroeconomics Annual*, 4, 121-170.
- Taylor, J. B. (1999), A Historical Analysis of Monetary Policy Rules. In *Monetary Policy Rules*, 319-348, University of Chicago Press.
- Tayman, J., ve Swanson, D. A. (1999). On The Validity Of MAPE As A Measure Of Population Forecast Accuracy. *Population Research And Policy Review*, 18(4), 299-322.
- TCMB, Erişim adresi: [www.tcmb.gov.tr](http://www.tcmb.gov.tr)
- Tully, E., ve Lucey, B. M. (2007). A Power GARCH Examination of the Gold Market. *Research in International Business and Finance*, 21(2), 316-325.
- WGC. (2017). World Official Gold Holdings, International Financial Statistics, May 2017 Erişim adresi: <https://www.gold.org/data/gold-reserves>
- Yaman, B. (2003). Uluslararası Rezervler, Türkiye için Rezerv Yeterliliği ve Optimum Rezerv Seviyesi Uygulaması. (Uzmanlık Yeterlilik Tezi). Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası / Piyasalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Zarakolu, H. A. (1989). *Bankacılar için Para ve Kredi Bilgisi*. Banka ve Ticaret Hukuku Araştırması Enstitüsü Yayınları, Yayın No:232, Ankara