

**Arastırma Makalesi**

**Finansal Yatırım Araçları Fiyatlarının Tahmininde Gri Sistem Teorisi**

*Prediction of Financial Investment Instruments Prices: Evidence From Grey System Theory*

<p><b>Buğra BAĞCI</b> Hitit Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi <a href="mailto:bugrabagci@hitit.edu.tr">bugrabagci@hitit.edu.tr</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-3268-3702">https://orcid.org/0000-0002-3268-3702</a></p>
--

<b>Makale Gönderme Tarihi</b>	<b>Revizyon Tarihi</b>	<b>Kabul Tarihi</b>
05.12.2019	10.03.2020	12.03.2020

**Öz**

Tüm çalışma alanlarında olduğu gibi finans alanında da zaman serilerini doğru bir şekilde tahmin edebilmek, geçmişte ve günümüzde araştırmacılar için oldukça önemli bir konu olmuştur. Dolayısıyla hem teorik hem de uygulamalı alanlarda, geleceğin belirsizliğinden kaçınmak ve bugünden planlar yapıp geleceğin getirebileceği zararları en aza indirmek amaçlanmaktadır. Bu düşünceden hareketle birçok tahmin metodu geliştirilmiştir. Bunlardan birisi de Gri Sistem Teorisidir. Gri diferansiyel denklemler aracılığıyla modelleme ve çözümleme tabanlı bir teori olan Gri Sistem Teorisi, bünyesinde birçok teknik barındırmaktadır. Özellikle az sayıda gözlem ile analiz yapmaya da imkan sağlaması bu tekniği öne çıkarmaktadır. Bu çalışmada da, Türkiye’de en çok tercih edilen finansal yatırım araçları fiyatlarının tahmin edilerek geleceğin belirsizliği belirli ölçüde azaltılmaya ve hem yatırımcılara hem de finansal yatırım araçlarının fiyatlarıyla yakından ilgili kişi ve kurumlara yön göstermeye çalışılmıştır. Bu amaçla Altın, Dolar, Euro, BIST 100, Devlet İç Borçlanma Senetleri ve Vadeli Mevduat Faiz oranının 2019 yılının ilk 11 ayına ait aylık verileri kullanılarak değişkenlerin fiyatları GM(1,1) modeli ile tahmin edilmiştir. Sonuç olarak GM(1,1) modeli ile bütün yatırım araçlarında da yüksek düzeyde doğruluk oranlarıyla tahmin sonuçlarına ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gri Sistem Teorisi, Finansal Yatırım Araçları, Tahminleme.

**Abstract**

As in all fields of study, estimating time series accurately in finance has been an important issue for researchers in the past and present. Therefore, it is aimed to avoid the uncertainty of the future in both theoretical and applied fields and to make plans from today and to minimize the damages that the future may bring. Based on this idea, many estimation methods have been developed. One of these is the Grey System Theory. Grey System Theory, which is a theory based on modeling and analysis by means of grey differential equations, incorporates many techniques. This technique is emphasized especially because it enables analysis with few observations. In this study, the most preferred by estimating the uncertainty of the future, financial investment instruments prices in Turkey have tried to show the direction to a certain extent, reduce and close to both investors and prices of financial instruments related persons and institutions. For this purpose, monthly data of Gold, Dollar, Euro, XU 100, Government Domestic Debt Securities, Deposit Interest Rate, for the first 11 months of 2019 were estimated using GM(1,1) model. As

**Önerilen Atıf/Suggested Citation**

Bağcı, B., 2020 Finansal Yatırım Araçları Fiyatlarının Tahmininde Gri Sistem Teorisi, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 55(1), 441-457

*a result, with the GM(1,1) model, estimates were obtained with the highest accuracy rates in all investment instruments.*

**Key Words:** *Grey System Theory, Financial Investment Instruments, Forecasting.*

## 1.Giriş

Geleceğin belirsiz bir yapıda olması insanları her zaman korkutmuştur. Bu korku, zamanla belirsizliğin miktarını mümkün olduğu kadar azaltmaya olan isteği arttırmıştır. Çünkü insanlar belirsizliği azalttıkları ölçüde gelecek hakkında daha sağlıklı planlar, programlar yapabileceklerdir. Bugün gelinen noktada insanlar, şirketler, devletler geleceğe dair kuvvetli tahminler yaparak daha büyük kazançlar, avantajlar, üstünlükler sağlamaya çalışmaktadır. İşte, çalışmamızın ana amacını oluşturan gelecek dönemlerin tahmini, yukarıda anlatılan bu motivasyonla belirlenmiştir. Buradan hareketle, geleceğin belirsizliğini daha doğru tahmin ederek belirsizlikten kaynaklı riski azaltmaya çalışan bu çalışma, özellikle finansal yatırım araçlarının geçmiş dönemlerdeki fiyat seyrini öğrenerek, gelecek fiyat belirsizliği karşısında daha gerçekçi tahmin sonuçları elde etmeyi amaçlamaktadır.

Bu amaçtan yola çıkarak tahmin şu şekilde tanımlanabilir. Herhangi bir olayın geçmişten başlayarak cari döneme kadar olan seyrinin incelenmesi ve gelecek dönemlerde nasıl hareket edeceğini belirlemeye çalışılması, tahmin olarak tanımlanmaktadır. Geleceğe yönelik tahminde bulunmanın amacı ise, gerçek veya tüzel kişilerin gelecek dönemlerde karşılaşma ihtimalleri bulunan durumları cari dönemden tahmin ederek oluşabilecek olumsuzluklara karşı önlemler alınması olarak açıklanmaktadır (Kayım, 1985, s. 1).

Gelecek olayların önceden kestirilmesi tıp, mühendislik, biyoloji gibi alanlarda olduğu gibi sosyal bilimler alanında da oldukça önemlidir. Geleceğin mümkün olduğunca doğru tahmin edilmesi, bugünden kritik kararların alınması, plan ve programların belirlenmesi açısından hayati öneme sahiptir. Bu şekliyle, geleceğe dair yapılacak iyi bir öngörü, geleceğin belirsizliğinden meydana gelen korku ve endişeyi de azaltacaktır (Orhunbilge, 1999, s.1).

Çalışmamız, insanlar veya işletmelerin ellerinde bulundurdukları birikim ya da tasarruflarını hangi finansal yatırım aracına yatırım yaparak değerlendirdiklerinde gelecekte daha fazla getiri elde edebilecekleri sorusuyla ilişkilidir.

Ekonomik koşullar altında gerçek ve tüzel kişilerin amacı, sahip oldukları finansal varlıklardan (altın, tahvil, hisse senedi gibi) elde edecekleri getiriyi maksimum kılmaktır. Dolayısıyla, finansal yatırım araçlarını kullanan yatırımcılar ellerinde bulunan fonları uygun şekilde yatırıma dönüştürmektedirler. Fakat bu yatırımlar beraberinde riskleri de barındırmaktadır. Çünkü, gelecekte oluşacak fiyatlar ancak bugünden tahmin edilebilmektedir.

Finansal yatırım araçlarını kullanarak yatırımda bulunan kişi ve kurumların da, gelecekte oluşacak durumları öngörerek hareket etmeleri, daha doğru yatırım aracına yönelmelerini sağlayacaktır. Günlük hayattaki kazançlarından tasarruf ederek yatırım yapan kişilerin daha fazla getiri beklentileri de göz önüne alındığında finansal yatırım araçlarının gelecek dönem fiyatlarının tahmin edilmesi ve bu tahminin doğruluk oranının yüksek olması en büyük arzu olacaktır.

Tabii ki, bu şekilde gelecek dönemlere ait tahminde bulunmanın hem nicel hem de nitel birçok tekniği bulunmaktadır. Her geçen gün de bu tekniklere bir yenisini daha eklenmekte ve mevcut olan tahmin tekniklerinin performansları arttırılmaya çalışılmaktadır.

Tahminleme çalışmalarının büyük bir kısmını zaman serilerinin tahminleri oluşturmaktadır. Zaman serisi tahmini, bir sistemin geçmiş ve mevcut veri noktalarından elde edilen bilgilere dayanarak gelecekteki değerlerinin tahmin edildiği süreci ifade etmektedir. Bu tahmin sürecinin doğruluk değerini mümkün olduğunca arttırmak için de genellikle nitel yöntemlerden daha çok, matematiksel modeller kullanılmaktadır (Kayacan, Ulutaş ve Kaynak, 2010, s.1785).

Zaman serisi tahmin modelleri, sosyal bilimler alanında özellikle borsa endeksleri, döviz kurları, büyüme rakamları, enflasyon verileri, faiz verileri gibi finans alanlarında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Öngörüyü makul bir hata payıyla yapabilme yeteneği, kişilerin, şirketlerin ve

hükümetlerin ekonomi politikasını değiştirebilir ve finansal aktörler tarafından daha planlı hareketler sağlayabilir (Kayacan, Ulutaş ve Kaynak, 2010, s.1785).

Zaman serilerinin tahmin edilmesinde özellikle istatistiksel, ekonometrik teknikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak son zamanlarda geliştirilen yapay sinir ağları temelli sezgisel tekniklerin kullanımı ile de zaman serileri tahminlerinde doğruluk değerleri yüksek tahminler elde edilmiştir. Bunlara ek olarak bulanık sistemler de tahminleme ile ilgilenen kişilerin ilgisini çekmiş ve buradan da başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, yalnızca istatistiksel modellerin kullanımı, doğrusal olmayan problemler için diğer yaklaşımlar kadar doğru sonuçlar vermeyebilmektedir (Jo, 2003, s.517).

Finansal zaman serileri de genel olarak durağan olmayan, stokastik bir yapıya sahiptir. Bu sebeple daha esnek temelli algoritmalara sahip olan teknikler daha çok tercih edilmektedir.

Bu çalışmada da diğer tahmin tekniklerine göre en büyük üstünlüğü daha az gözlem sayısı ile çalışabilen ve çözümü diferansiyel denklemlere dayanan gri sistem teorisi içerisinde yer alan GM(1,1) modeli kullanılmıştır.

Disiplinler arası bir çalışma olan Gri Sistemler Teorisi ilk olarak 1982 yılında Ju-Long Deng tarafından ortaya atılmıştır. O zamandan bu yana da özellikle belirsiz parametrelerle başa çıkma konusunda oldukça öne çıkmıştır. İlk ortaya atıldığı günden bugüne kadar hızla gelişen ve birçok araştırmacının dikkatini çeken bu teori sosyal, ekonomik, endüstriyel, ekolojik ve askeri sistemler gibi birçok sisteme başarılı bir şekilde entegre edilmiştir (Liu ve Lin, 1998, s.2).

Gri sistem teorisinde incelenen sistemler, renkler vasıtasıyla tanımlanmaktadır. Söz konusu renk, sistem hakkındaki net bilgi miktarını temsil etmektedir. Örneğin, üzerinde çalışılan sistemin tanımı ve parametreleri tamamen biliniyorsa bu sistem gri sistem teorisinde “beyaz sistem” olarak adlandırılır. Öte yandan sisteme ait parametreler, dinamikler ve modellere ait hiçbir bilgiye sahip olunmaması durumunda, sistem “siyah sistem” olarak isimlendirilmektedir. Sistem hakkında kısmen bilgiye sahip olduğunda ise bu sistemlere de “gri sistemler” adı verilmektedir. Burada tanımlanan rengin beyaza veya siyaha yakınlığı tamamen sahip olunan bilginin miktarı ile ilgilidir.

Gri tahmin ise, gri diferansiyel denklemler temelinde orijinal seriyi kullanarak, sistemin tanımlanması ve bu veriler ışığında sistemi kontrol altında tutarak geleceğe yönelik öngörülerde bulunulması durumudur.

Gri sistem teorisine ait gelişmeler incelendiğinde, çalışmaların genellikle uzak doğu ülkelerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Bu çalışmada da, literatürde başarılı sonuçlar verdiği görülen gri sistem modellerinden GM(1,1) modeli kullanılarak bir zaman serisi özelliği taşıyan ve özellikle sosyal bilimlerde tahmini büyük önem arz eden, finansal yatırım araçlarının (Gram Altın, Dolar, Euro, BIST 100 Kapanış Endeksi, DİBS ve Vadeli Mevduat Hesapları Faiz Oranı) mevcut verileri ışığında gelecek dönemlerde alabileceği fiyatları tahmin edecek modelin oluşturulması amaçlanmıştır.

Çalışmanın buradan sonraki bölümlerinde öncelikle literatür incelemesi sonuçları, sonrasında sırasıyla finansal yatırım araçlarının neler olduğu, kullanılan yöntem olan gri sistem teorisi modelleri, kullanılan veri setinin özellikleri, analiz sonuçlarından elde edilen bulgular ile sonuçlara yer verilmiştir.

## 2.Literatür İncelemesi

Literatür araştırması, çalışmaya bakış açısında olduğu gibi 2 ayrı kısımda incelenmiştir. Bunlar, Gri sistem modelleri kullanılarak yapılan tahmin çalışmaları ile Türkiye’de finansal yatırım araçları fiyatlarının tahmin edilmesine yönelik çalışmalardır.

Öncelikle gri sistem teorisine ilişkin literatür incelendiğinde, gri sistem teorisinin birçok çalışmada kullanıldığı görülmektedir. Xia ve Hu (1997), 1985 ile 1993 yılları arasındaki mevcut verileri kullanarak Luo Yang ilinin atık su miktarının tahmin edilmesinde, Hsu ve Wen (1998), 10 ülke arasındaki trafik yoğunluğunu tahmin edilmesinde, Lin ve Hsu (2002), Tayvan’da

alkolsüz içeceklerin satış miktarının tahmin edilmesinde, Hsu (2003), yine talep tahmininde, Lin ve Yang (2003), Tayvan'da üretilmekte olan teknoloji ürünlerinin üretim miktarının tahmininde, Chiou ve arkadaşları (2004), Tayvan deniz kuvvetlerine ait ekipmanların planlanmasında, Triverdi ve Singh (2005), Hindistan'daki yağış miktarının öngörülmesinde, Akay ve Atak (2007), Türkiye'de elektrik tüketiminin tahmin edilmesinde, Wang ve Hsu (2008), Tayvan'da yüksek teknoloji ürünlerinin trendinin gri sistemlerin yanında genetik algoritmalarla birlikte tahmin edilmesinde, Lu ve arkadaşları (2009), lojistik sektöründeki enerji ihtiyacı ve karbondioksit salınım değerlerinin tahmin edilmesinde, Kayacan, Ulutaş ve Kaynak (2010), zaman serilerinin tahmininde, Pao ve Tsai (2011), Brezilya'da karbondioksit salınımı, enerji tüketimi ve ekonomik büyümesinin tahmin edilmesinde, Mohammadi ve Diğ. (2011), trafik kazalarının tahmin edilmesinde, Askari ve Askari (2011), altın fiyatlarının tahmin edilmesinde, Zhan ve Hua (2011), Çin'de meydana gelen yangın kazalarının öngörülmesinde Markov modelleri ile birlikte, Zhang, Xu ve Zheng (2012), yine talep tahmininde, Yılmaz ve Yılmaz (2013), Türkiye'de emisyon miktarının gelecek dönem tahmininde, Köse, Aplan ve Kabak (2015), öğrencilerin akademik not ortalamalarını tahmin edilmesinde, Kaya ve Taşçı (2015), haritalama üzerine bir noktanın koordinatlarının tahmin edilmesinde, Boran (2015), Türkiye'de doğalgaz tüketim miktarının tahmin edilmesinde, Güner ve Taçyıldız (2017), Türkiye'de trafik kazalarının tahmin edilmesinde gri sistem teorisini kullanmışlardır.

Çalışmanın bir diğer konusu olan Türkiye'de finansal yatırım araçları fiyatlarına ait literatür incelendiğinde ise karşılaşılan çalışmalardan bazıları şu şekilde özetlenebilir. İlarıslan (2014), IMKB 10 Bankacılık endeksinde yer alan 10 adet hisse senedine ait fiyat verilerini Markov analizi ile tahmin etmiştir. Yüksel ve Akkoç (2016), yapay sinir ağları ile Türkiye'de altın fiyatlarını, diğer değişkenlerin de etkisi altında tahmin etmeye çalışmışlardır. Değirmenci ve Akay (2017), BIST 100 endeksi, altın, petrol fiyatları ve döviz kuru değişkenlerinin öngörüsünde ARIMA ve ARCH modellerini kullanmışlardır. Dağlıoğlu ve Kiral (2018), Saklı Markov Modelini kullanarak BIST 100 endeksinin değişim oranını, hisse senedine etki eden içsel değişkenler yardımıyla tahmin etmişlerdir. Şahin (2018), bir finansal yatırım aracı olarak Bitcoin fiyatını Arıma ve yapay sinir ağları ile tahmin etmiştir. Yiğiter ve arkadaşları (2018), alternatif bir finansman aracı olarak sukuk konusuna değinmiş ve Vakıf portföy şirketi kira sertifikası fiyatlarını makine öğrenmesi algoritmalarından K-En Yakın Komşuluk algoritması ile tahmin etmişlerdir.

### 3. Materyal ve Yöntem

#### 3.1. Finansal Yatırım Araçları

Kişi ve kurumlar ellerinde bulundurdukları fonlar ve tasarruflarından bugün vazgeçerek geleceğe yönelik yatırımlarda bulunurlar. Bu davranışta temel amaç, yatırım tutarından daha fazla bir gelir elde etmektir. Bu şekilde, Türkiye'de en çok kullanılan finansal yatırım araçları Altın, Amerikan Doları, Euro, BIST 100, Devlet İç Borçlanma Senetleri, Vadeli Mevduat Hesabı şeklinde sıralanabilir.

Dünya üzerinde mevcut ekonomilerin bir kısmında Türkiye'de olduğu gibi ciddi enflasyon etkisi görülmektedir. Bu sebeple kişi ve kurumlar, tasarruflarını enflasyon karşısında korumak amaçlı olarak finansal yatırım araçlarını kullanmaktadırlar.

Türkiye'de en yaygın kullanılan finansal yatırım aracı altındır. Özellikle finansal yatırım araçlarının bütün yönleriyle tanınmadığı ekonomik sistemlerde altının daha yoğun olarak kullanıldığı bilinmektedir (Elyak, 2008, s. 39).

Genellikle belirsizliğin yüksek olduğu ortamlarda yatırımcılar altını güvenli bir liman olarak görmekte ve bu şekilde de altına olan yatırım talebi artmaktadır (Aykut, 2015, s.36-37).

Dünyanın her yerinde geçerli olması ve tüm merkez bankalarının rezervinde de yer alıyor olması altının en önemli özelliğidir.

Türkiye'nin altın ithalatçısı konumunda olduğu, fakat işlenmiş altın konusunda ise ihracatçı pozisyonunda yer aldığı bilinmektedir. Bu sebeple Türkiye'de altın fiyatları uluslararası piyasalarla birlikte hareket etmektedir (Karan, 2004).

Türkiye’de önemli finansal yatırım araçlarından bir diğeri de dövizdir. En çok yatırım aracı olarak tercih edilen döviz ise, Amerikan Doları ve Euro’dur. Özellikle enflasyonun yüksek seyri ve Türk Lirasının değer kaybetmesi sebebiyle yatırımcılar bu para birimlerine yönelmektedir. Günümüzde de bu durumun geçerli olduğu görülmektedir (İbicioğlu, 2012, s.46).

Bir ülkenin yerel para biriminin diğerkülkelerin paraları karşısındaki değerini ifade eden döviz kuru, ülkedeki arz-talep durumuna göre o ülkenin mevzuatı çerçevesinde oluşmaktadır (Doğukanlı, 2008, s. 49).

Bir başka finansal yatırım aracı da, devlet iç borçlanma senetleridir. Ekonomik sistem içerisinde diğerkurumların olduğu gibi devletlerin de fon ihtiyacı oluşmaktadır. Bu fon açığı ülke içi veya ülke dışından borçlanma yoluyla kapatılmaktadır. Bu şekilde sağlanan fonlar, devlet harcamalarının finanse edilmesinde kullanılmaktadır. Devlet iç borçlanma senetleri genel çatısı altında tahvil ve bono yer almaktadır. Hazinesinin bir yıldan daha kısa vadeli olarak borçlanması bono, bir yıldan daha uzun vadeli borçlanması ise tahvil ihracı şeklinde sağlanmaktadır.

Devlet hazinesi oluşan fon açığını genel itibariyle ihaleler yoluyla gerçekleştirmektedir. Bu ihaleler aynı zamanda borçlanma faizlerinin de belirlendiği yerlerdir (Sayılğan, 2008, s.6).

Alternatif finansal yatırım araçlarından birisi de, hisse senetleri vasıtasıyla borsadır. Borsa İstanbul, Pay Piyasası için temel endeks olarak kullanılmakta ve piyasayı belirlemektedir. Yıldız Pazar ve Ana Pazar’da işlem gören şirketler, gayrimenkul sermayesi ve girişim sermayesi yatırım ortaklıkları arasından seçilmiş olan 100 paydan oluşmakta; BIST 30 ve BIST 50 endeksindeki payları da kapsamaktadır (BIST 2018).

Türkiye’de yoğun olarak kullanılan yatırım araçlarından biri diğeri ise, yatırımcılar tarafından bankalara açılan vadeli mevduat hesaplarıdır. Vadeli mevduat hesapları, faiz oranları ve vade süresi parametreleri dahilinde işlemektedir. Vadeli mevduat, faiz oranı önceden belirlenmiş ve belli bir miktar paranın bu sabit faiz oranı üzerinden belli bir vade ile hesapta tutulması işlemidir. Vadeli mevduat hesabı bulunan yatırımcılar vade boyunca sahibi oldukları mevduat hesabından para çekemezler. Belirlenen vade süresince para çekmediği için de bu yatırımcılar vade sonunda yatırım miktarları ve faizi oranında kazanç sağlarlar.

Mevduat faizlerindeki yükseliş, yatırımcıyı diğerk yatırım araçlarından mevduata doğru kaydıracak veya tersine mevduat faizlerinin düşmesi de yatırımcıyı diğerk yatırım araçlarına doğru kaydıracaktır. Bu durum da, vadeli mevduat hesaplarını alternatif bir yatırım aracı kılmaktadır (Sevinç, 2014, s. 278).

### **3.2.Gri Sistem Teorisi**

1980’li yıllarda Ju-Long Deng tarafından önerilen gri sistem teorisi belirsiz ve eksik bilgili sistemlerin analizi için belirsizliği çözebilecek bir teoridir (Deng, 1982, s. 288). Gri sistem, belirli bir verinin doğal düzenini ortaya çıkarmaya çalışmaktadır (Liu ve Diğ., 2014, s. 21). Gri sistemde teorik olarak stokastik süreç, belli bir aralık veya uzayda değişkenlik gösteren gri değişken olarak kabul edilir (Wu ve Diğ., 2015, s.490).

Gri tahminleme ise, gri sistem teorisini baz alarak en az 4 gözlemle çalışan ve birçok alana başarıyla uygulanmış bir yaklaşımdır (Akay ve Atak, 2007, s.1671).

Gri sistemlerde modeller kurulan modellerin dereceleri farklılık göstermektedir. Gri sistemin derecesi, modellemede kullanılan gri diferansiyel denklemin derecesinden gelmektedir. Ele aldığı sistemin kendi geçmiş değerlerinden hareketle sistemin hareketini modelleyen GM(1,1) modeli, çok farklı alanlarda sıklıkla uygulanmıştır. Fakat sosyal bilimler özelindeki çalışmalarda bu sıklığa rastlanamamaktadır.

Birinci dereceden tek değişkenli model olan GM(1,1) modeli, tahminleme konularında gayet başarılı sonuçlar vermiştir (Deng, 1989, s.1).

GM(1,1) modeline ait işlemleri vermeden önce, modelin adında bulunan simgelerin ne anlama geldiği;

**GM:** Grey Model

**(1,1):** (1. Dereceden Diferansiyel Denklem, 1 Değişken)

şeklinde ifade edilebilir.

Çalışmamızda da kullanılacak olan GM(1,1) modelinin çalışma prensibi aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

Negatif olmayan orijinal veri dizisi  $X^{(0)}$  aşağıdaki gibi olsun.

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (1)$$

Burada,  $n$  gözlem sayısını göstermektedir.

Ele alınan sisteme ait verileri gri sistemlerle analize uygun hale getirmek için, orijinal veri dizisinden, birinci dereceden toplam üretim operatörü kullanarak monoton olarak artan,

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (2)$$

dizisi elde edilmektedir.

Burada,

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (3)$$

dir.

GM(1,1) modelini şekillendirmek ve modelde yer alan katsayıların hesaplanması amacıyla, birinci dereceden ortalama değer operatörü kullanılarak;

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (4)$$

dizisi elde edilir.

Burada,

$$z^1(k) = \alpha x^1(k) + (1 - \alpha)x^1(k - 1) \quad (5)$$

dir.

Genellikle kullanılan durulaştırma tekniği eşit ağırlıklı olduğundan  $\alpha = 0,5$  alınır ve (5) denklemi;

$$z^{(1)}(k) = 0,5 \cdot x^{(1)}(k) + 0,5 \cdot x^{(1)}(k - 1)$$

şekline dönüşmüş olur.

GM(1,1) gri diferansiyel denkleminin en küçük kareler tahmincisi,

$$x^0(k) + az^1(k) = b \quad (6)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

Burada, GM(1,1) modelinin kullanılarak tahminde bulunulması için yukarıdaki (6) denkleminde yer alan  $a$  ve  $b$  parametrelerini bilmesi koşulu açıktır. (Wen, 2004) çalışmasında bu parametreleri bulmak için en iyi yöntemin en küçük kareler yöntemi olacağını açıklamıştır.

(6) denklemi her bir  $k$  için açılacak olursa;

$$x^0(2) + az^1(2) = b$$

$$x^0(3) + az^1(3) = b$$

$$\begin{aligned}
 x^0(4) + az^1(4) &= b \\
 \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\
 x^0(n) + az^1(n) &= b
 \end{aligned}$$

denklem sistemi elde edilecektir.

Bu eşitlikleri matris şeklinde yazmak, aşağıdaki şekilde mümkün olacaktır.

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (9)$$

Yukarıdaki (7) – (9) denklem takımıyla paralel olacak şekilde matris gösterimlerine ait eşitlik;

$$Y = B\hat{a} \quad (10)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Buradan,

$$\hat{a} = [B^T B]^{-1} B^T Y \quad (11)$$

şeklinde çözüm denklemi elde edilir.

Buradan hareketle,

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dt} + ax^{(1)}(k) = b \quad (12)$$

eşitliğiyle verilen birinci dereceden türevlenebilir diferansiyel denklemin çözümü;

$$x^{(1)}(t) = \left[ x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] \cdot e^{-at} + \frac{b}{a} \quad (13)$$

şeklinde elde edilir.

$x^{(1)}(t)$  nin  $(k + 1)$  noktasındaki çözümü;

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left[ x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] \cdot e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (14)$$

ve dolayısıyla,

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] \cdot e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (15)$$

tahmin denklemi elde edilir.

Dikkat edilecek olursa, işlemlerin başında orijinal veri, birikimli hale dönüştürülmüş ve oluşturulan birikimli veri üzerinden işlemler gerçekleştirilmiştir. Son durumda elde edilen seri tekrar;

$$\hat{x}^{(0)}(k + 1) = \alpha^{(1)} \hat{x}^{(1)}(k + 1) = \hat{x}^{(1)}(k + 1) - x^{(1)}(k) \quad (16)$$

eşitliği kullanılarak geri birikimle orijinal haline dönüştürülür ve tahmin sonuçları elde edilmiş olur. Dolayısıyla GM(1,1) modeli ile sisteme ait verilerin tahmin değerleri elde edilmiş olur (Deng, 1989, s.5-9).

Elde edilen tahmin sonuçlarının hata paylarının değerlendirilmesi için ise;

$$\varepsilon^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k), \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

eşitliği yardımı ile her bir gözlem değerine ait yapılan tahminin hatası hesaplanır. Buradan hareketle sisteme ait hata payı;

$$\Delta^{(0)}(k) = \left( \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right), \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (18)$$

şeklinde hesaplanır.

#### 4. Veri Seti

Çalışmamızda değişken olarak yukarıdaki bölümlerde de bahsedildiği üzere birbirine alternatif olduğu düşünülen ve hem bireysel hem de kurumsal anlamda yoğun şekilde yatırım yapılan Gram Altın, Döviz Kuru (Dolar ve Euro), BIST 100 Kapanış Fiyatları, Devlet İç Borçlanma Senetleri ve Vadeli Mevduat Hesapları Faiz Oranı olarak belirlenmiştir. Bu değişkenlere ait 1 Ocak 2019 tarihinden 30 Kasım 2019 tarihine kadar gerçek ve aylık veriler kullanılmıştır. Veriler Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'na ait veri sistemi olan EVDS üzerinden elde edilmiştir. Analizlere alınan hiçbir değişkende söz konusu tarih aralığında herhangi bir eksik veriye rastlanmamıştır. Dolayısıyla tüm değişkenler için 11 gözlemden oluşan veri seti ayrı ayrı analiz edilmiştir.

#### 5. Analiz ve Bulgular

Çalışmamızda öncelikle Türkiye'de finansal yatırım araçlarından en sık tanınan ve kullanılan yatırım araçları tespit edilmiştir. Bunlar; Gram Altın, Döviz Kuru (Dolar ve Euro), BIST 100, ve Devlet İç Borçlanma Senetleri ve Vadeli Mevduat Hesaplarıdır.

Ayrıca çalışmamızda söz konusu finansal yatırım araçları fiyatlarının tahmin edilmesinde, Gri sistem modellerinden biri olan GM(1,1) modeli kullanılmıştır. Herbir değişken için ayrı ayrı GM(1,1) modeli kurulmuştur.

Tablo 5.1'de 2019 yılında, aylık bazda ilk 11 ayda yukarıda sayılan değişkenlere ait gerçek değerler yer almaktadır.

**Tablo 5.1. Finansal Yatırım Araçlarına Ait Gerçek Değerler**

Tarih	Altın	Dolar	Euro	Mevduat Faiz Oranı	BIST 100	DİBS
Ocak 2019	225,32	5,38	6,14	20,44	104.074,22	23,58
Şubat 2019	224,94	5,27	5,99	19,36	104.529,93	23,92
Mart 2019	231,86	5,45	6,17	19,07	93.784,18	23,58
Nisan 2019	239,39	5,75	6,46	20,09	95.415,57	24,70
Mayıs 2019	250,82	6,06	6,78	21,95	90.589,73	25,14
Haziran 2019	259,50	5,82	6,57	22,17	96.485,32	24,45
Temmuz 2019	259,37	5,68	6,38	20,91	102.082,48	22,50
Ağustos 2019	267,59	5,63	6,27	17,68	96.718,48	19,12
Eylül 2019	277,11	5,72	6,30	15,07	105.033,02	17,56
Ekim 2019	280,10	5,79	6,40	13,28	98.468,52	15,99
Kasım 2019	274,29	5,74	6,35	11,48	106.903,68	13,62

Tablo 5.1 incelendiğinde, altın fiyatları, Dolar ve Euro kuru ,ile BIST 100 kapanış fiyatlarında farklı eğimlerde de olsa bir yükseliş trendi görülürken, Mevduat Faiz Oranı ve DİBS değişkenlerinde yine farklı eğimlerle bir düşüş trendi göze çarpmaktadır.

Yukarıdaki 11 gözlemlenen değişkenlere ait veriler ayrı ayrı GM(1,1) modeli ile analiz edildiğinde elde edilen tahmin sonuçları aşağıdaki tablo 5.2 de gösterilmektedir.

**Tablo 5.2. GM(1,1) Modeli İle Elde Edilen Tahmin Değerleri**

Tarih	Altın	Dolar	Euro	Mevduat Faiz Oranı	BIST 100	DİBS
Ocak 2019	225,32	5,38	6,14	20,44	104.074,22	23,57
Şubat 2019	229,91	5,56	6,30	22,05	95.512,44	26,55
Mart 2019	235,45	5,59	6,32	21,07	96.271,02	25,16
Nisan 2019	241,12	5,62	6,33	20,14	97.035,61	23,84
Mayıs 2019	246,93	5,65	6,34	19,24	97.806,28	22,58
Haziran 2019	252,88	5,68	6,36	18,39	98.583,07	21,40
Temmuz 2019	258,97	5,71	6,37	17,58	99.366,03	20,27
Ağustos 2019	265,21	5,74	6,39	16,80	100.155,20	19,21
Eylül 2019	271,59	5,77	6,40	16,05	100.950,65	18,20
Ekim 2019	278,14	5,80	6,42	15,34	101.752,41	17,25
Kasım 2019	284,84	5,83	6,43	14,66	102.560,54	16,34

Tahmin değerleri incelendiğinde yapılan tahminlerin gerçek değerlere yakınlığı görülmektedir.

Kurulan GM(1,1) modeli ile yapılan tahminlere ait, denklem 17 ve denklem 18 kullanılarak hesaplanan hata oranları tablo 5.3'te gösterilmektedir.

**Tablo 5.3. Tahmin Sonuçlarına Ait Hesaplanan Hata Değerleri**

Değişken	Altın	Dolar	Euro	Mevduat Faiz Oranı	BIST 100	DİBS
Hata Oranı (MAPE)	0,0146	0,0219	0,0221	0,1134	0,0369	0,0779

Tablo 5.3'e göre, en az hata ile tahminin Altın Fiyatlarına ve sırasıyla Dolar, Euro, BIST 100 Kapanış Fiyatları, DİBS ve Mevduat Faiz Oranı değişkenlerine ait olduğu görülmektedir.

Burada, Dolar ve Euro değişkenlerine ait elde edilen hata değerlerinin birbirine bu kadar yakın olması, bu iki değişkenin birbirlerine çok yakın değişimlerle hareket ettiği düşüncesiyle desteklenmektedir.

Bu şekilde kurulan model ve hesaplanan hata payları dikkate alınarak gelecek döneme ilişkin olarak yapılan yani Aralık 2019 dönemi için yapılan tahmin değerleri ve Aralık 2019'da gerçekleşen değerler tablo 5.4'te verilmiştir.

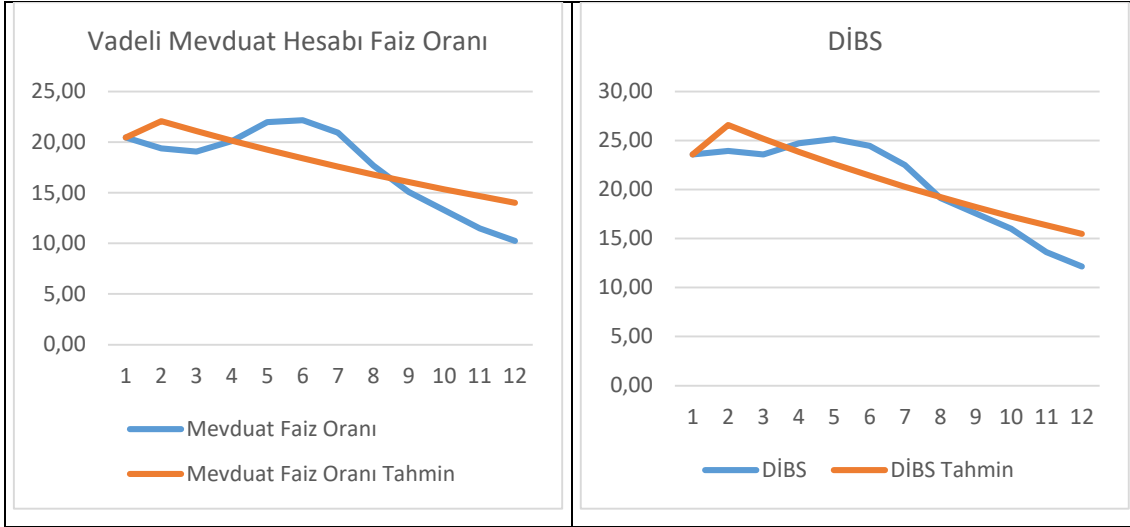
**Tablo 5.4. Değişkenlere Ait Gelecek Dönem Gerçek ve Tahmin Değerleri**

Tarih	Altın	Dolar	Euro	Mevduat Faiz Oranı	BIST 100	DİBS
<b>Aralık 2019 Gerçek</b>	279,74	5,85	6,49	10,24	114.424,96	12,16
<b>Aralık 2019 Tahmin</b>	291,70	5,86	6,45	14,01	103.375,09	15,48

Gelecek dönem değerleri incelendiğinde yine kurulan GM(1,1) modelin başarılı sonuçlar ürettiği görülmektedir.

Buradan hareketle, finansal yatırım araçlarına ait gerçek değer ve tahmin değerlerinin aylara göre zaman seyrini gösteren grafikler çizilmiştir.





**Şekil 5.1. Finansal Yatırım Araçlarına Ait Gerçek ve Tahmin Değerleri Grafikleri**

Şekil 5.1’de yer alan grafikler yakından incelendiğinde bazı çıkarımlarda bulunulabilecektir. Öncelikle burada yer alan grafiklerin tümünde yatay ekseninde sırasıyla 2019 yılının ayları, dikey ekseninde ilgili yatırım araçlarının fiyatları yer almaktadır.

Buna göre, altın fiyatlarında Kasım 2019’a kadar olan düzenli artan trend GM(1,1) modeli tarafından doğru tahmin edilmiştir. Kasım ayında altın fiyatlarında yaşanan düşüşün ardından Aralık ayında altın fiyatlarının tekrar yükselerek GM(1,1) tahmin doğrusuna yaklaştığı görülmektedir.

Ele alınan dönemde, BIST 100 kapanış fiyatlarının hareketine düşüşle başlaması GM(1,1) doğrusuna negatif bir eğim verirken, verilere ait dalgaların Temmuz 2019 itibariyle dalga boylarının küçüldüğü ve GM(1,1) doğrusuna yaklaştığı görülmektedir. Fakat, Kasım ayı ile birlikte BIST 100 kapanış fiyatlarının yaptığı yukarı yönlü sert hareketler, GM(1,1) doğrusundan uzaklaşmasına sebep olmuş ve bu fark Aralık ayında da açılarak devam etmiştir.

Dolar ve Euro kuru açısından bakılacak olursa, bu iki yatırım aracının benzer hareketler yaptığı hem teoriden hem de verilerden açıkça görülmektedir. Ocak 2019’dan Mayıs 2019 tarihine kadar kurda yaşanan artış, GM(1,1) tahmin doğrusunu yukarı doğru yönlendirse de ardından gelen düşüş ve 5.75 seviyelerindeki dengelenme, gerçek fiyatlarla tahmin sonuçlarını birbirine çok yaklaştırmıştır.

Yine Devlet İç Borçlanma Senetleri ve Vadeli Mevduat Hesapları Faiz Oranlarının birbirine benzer hareketlere sahip olduğu görülmektedir. Çünkü, bankaların uyguladıkları faiz oranlarını, DİBS faiz oranlarına göre belirlediği bilinmektedir. Bu iki yatırım aracında da dalgalanmalar olmuş fakat, Haziran 2019 tarihine kadar olan yükseliş, GM(1,1) tahmin doğrusunun yukarı yönlü gerçekleşmesine sebep olsa da ardından yaşanan sert düşüş, GM(1,1) tahmin doğrusuna negatif bir eğim kazandırmıştır. Özellikle Ağustos-Eylül dönemlerinden sonra tahmin değerlerinin daha yüksek, gerçek değerlerin ise daha düşük kalması yani faiz oranlarının daha hızlı düşmesi, T.C. Merkez Bankası’nda yaşanan görev ve beraberinde gelen politika değişikliği ile ilgilidir. Bu durum, modelin tahmin ettiğinden daha sert düşüşler gerçekleşmesine sebep olmuştur.

## 6.Sonuç

Bu çalışmada Türkiye’de en çok tercih edilen finansal yatırım araçlarından Gram Altın, Dolar, Euro, BIST 100, Devlet İç Borçlanma Senetleri ve Vadeli Mevduat Hesapları, değişkenlerine ait 2019 yılının ilk 11 ayında gerçekleşen değerler göz önüne alınarak, değişkenlere ait ayrı ayrı GM(1,1) modeli kurulmuştur. Burada, her bir finansal yatırım aracı tek değişkenli zaman serisi olarak ele alınmış ve her bir serinin kendi geçmiş değerlerine dayanarak tahmin sistemleri kurularak, öncelikle üzerinde çalışılan tüm dönemler ve sonrasında gelecek döneme ilişkin tahmin sonuçları üretilmiştir. Tahminlemede kullanılan bir tekniğin ne ölçüde başarılı olduğu, yapılan

tahmin değerleri ile gerçekleşen değerler arasındaki sapma değerini veren hata terimleri ile ölçülmektedir. Burada, GM(1,1) modeliyle yapılan tahminlerde elde edilen hataların yeterince küçük olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla finansal yatırım araçlarının gerçekleşen verilerinden hareketle gelecekte alması muhtemel değerlerin tahmin edilmesinde, gri sistemler teorisi modellerinden biri olan GM(1,1) modelin yeterince kullanışlı olduğu ve büyük bir doğruluk oranıyla tahminlemeleri yaptığı görülmektedir.

Yine gri modellerde, hem katı varsayımların olmayışı hem de veriyi analiz ederken ciddi dönüşümler yapılmamasının bu yöntemi daha kullanışlı hale getirdiği söylenebilir. Sonuçların yüksek doğruluk payıyla gerçekleşmesi konusunda, her ne kadar, çözümüm diferansiyel denklemlere dayalı olmasından kaynaklandığı düşünülse de, yukarıda bahsedilen varsayımların çok katı olmayışı ve verinin orijinal hali ile analiz edilmesinden kaynaklandığı da düşünülmektedir.

Geleneksel zaman serisi analiz yöntemlerinde, aranan gözlem sayısı genişliğine karşılık, gri sistemlerde çok daha küçük gözlem sayılarıyla analizlerin yapılabilmesi, gri sistem modellerine büyük bir üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca bu durum, son dönemlerde gerçekleşen verilerle çalışmanın getirdiği yüksek doğruluk payını da beraberinde getirmektedir.

Bulgulardan elde edilen bir başka sonuç ise, grafiklerden de anlaşılacağı üzere GM(1,1) modelinin daha küçük dalga boylarına sahip verilerde daha başarılı olduğu görülmektedir.

Özetle, finansal zaman serilerine ait geleceğe yönelik yapılan tahminlerin doğruluğu bireyleri, işletmeleri ve devletleri büyük ölçüde etkilediği bilinmektedir. Dolayısıyla, finansal bir zaman serisinde de, GM(1,1) modelinin başarılı sonuçlar verdiği ve bu yöntemin bu verilerde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

#### **Kaynakça**

- Akay, D., Atak, M. (2007). Grey Prediction With Rolling Mechanism For Electricity Demand Forecasting Of Turkey. *Energy*, 32(9), 1670-1675.
- Askari, M., Askari, H. (2011). Time Series Grey System Prediction-Based Models: Gold Price Forecasting. *Trends In Applied Sciences Research*, 6(11), 1287-1292.
- Aykut, M.E. (2015). BIST-100 Endeksi İle Makroekonomik Değişkenler Arasındaki Nedensellik: 2005-2015 Yılları Arasında Türkiye Uygulaması, (Doktora Tezi), Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Boran, F.E. (2015). Forecasting Natural Gas Consumption In Turkey Using Grey Prediction. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10(2), 208-213.
- Chiou, H.K., Tzeng, G.H., Cheng, C.K., and Liu, G.S. (2004, June). Grey Prediction Model For Forecasting The Planning Material Of Equipment Spare Parts In Navy of Taiwan. In *Proceedings World Automation Congress, 2004*. (Vol. 17, pp. 315-320). IEEE.
- Dağhoğlu, C., Kıral, G. (2018). Ekonomik Yatırım Araçları Getirilerinin Saklı Markov Modeli ile Tahmin Edilmesi: Türkiye Örneği. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 4(1), 61-75.
- Değirmenci, N., Akay, A. (2017). Finansal Verilerin ARIMA ve ARCH Modelleriyle Öngörüsü: Türkiye Örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(3), 15-36.
- Deng, J.L. (1982). Control Problems Of Grey Systems. *Sys. & Contr. Lett.*, 1(5), 288-294.
- Deng, J.L. (1989). Introduction To Grey System Theory. *The Journal Of Grey System*, 1(1), 1-24.
- Doğukanlı, H. (2008). *Uluslararası Finans, Genişletilmiş 2. Baskı*, Adana: Karahan Yayınları.
- Elyak, A. (2008). *IMKB 100 Endeksini Etkileyen Faktörlerin Ekonometrik Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Güner, B., Taçyıldız, E. (2017). Türkiye'deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma GM(1,1) Mekanizması İle Tahmini. Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi, (13), 59-71.
- Hsu, C.I., Wen, Y.H. (1998). Improved Grey Prediction Models For The Trans-Pacific Air Passenger Market. Transportation Planning And Technology, 22(2), 87-107.
- Hsu, L.C. (2003). Applying The Grey Prediction Model To The Global Integrated Circuit Industry. Technological Forecasting and Social Change, 70(6), 563-574.
- İbicioğlu, M. (2012). Yatırım Araçlarının Getirileri Arasındaki İlişkilerin Çok Boyutlu Ölçekleme Yöntemi ile Analizi. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi.
- İlarslan, K. (2014). Hisse senedi fiyat hareketlerinin tahmin edilmesinde Markov zincirlerinin kullanılması: İmkb 10 bankacılık endeksi işletmeleri üzerine ampirik bir çalışma. Journal of Yaşar University, 9(35), 6158-6198.
- Jo, T.C. (2003, June). The Effect Of Virtual Term Generation On The Neural-Based Approaches To Time Series Prediction. In 2003 4th International Conference on Control and Automation Proceedings (pp. 516-520). IEEE.
- Kaya, K., Taşcı, L. (2015). TUTGA ve C Dereceli Nokta Koordinatlarının Gri Sistem ile Tahmin Edilmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisler Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Kayacan, E., Ulutas, B., and Kaynak, O. (2010). Grey System Theory-Based Models In Time Series Prediction. Expert Systems With Applications, 37(2), 1784-1789.
- Kayım, H. (1985). *İstatistiksel Ön Tahmin Yöntemleri*, Ankara: Hacettepe Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları.
- Köse, E., Aplan, H.S. ve Kabak, M. (2015). Yetersiz Veri Ortamında Tahminler İçin Örnek Bir Uygulama: Gri Tahmin Yöntemi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 31(1), 82-88.
- Lin, C.T., Hsu, P.F. (2002). Forecast Of Non-Alcoholic Beverage Sales In Taiwan Using The Grey Theory. Asia Pacific Journal Of Marketing And Logistics, 14(4), 3-12.
- Lin, C.T., Yang, S.Y. (2003). Forecast Of The Output Value Of Taiwan's Opto-Electronics Industry Using The Grey Forecasting Model. Technological Forecasting And Social Change, 70(2), 177-186.
- Liu, S., Lin, Y. (2006). *Grey Information: Theory And Practical Applications*. Springer Science & Business Media.
- Liu, S.F., Lin, Y. (1998). *An Introduction To Grey Systems*. PA, USA: IIGSS Academic Publisher.
- Liu, S.F., Yang, Y.J., Wu, L.F., and Xie, N.M. (2014). *Grey System Theory and its Application*, Vol. 6.
- Lu, I.J., Lewis, C. and Lin, S.J. (2009). The Forecast Of Motor Vehicle, Energy Demand And CO2 Emission From Taiwan's Road Transportation Sector. Energy Policy, 37(8), 2952-2961.
- Mohammadi, A., Moradi, L., Talebnejad, A., and Nadaf, A. (2011). The Use Of Grey System Theory In Predicting The Road Traffic Accident In Fars Province In Iran. Australian Journal of Business and Management Research, 1(9), 18.
- Orhunbilge, N. (1999). *Zaman Serileri Analizi Tahmin Ve Fiyat İndeksleri*, İstanbul: Tunç Matbaacılık.
- Pao, H.T. Tsai, C.M. (2011). Modeling And Forecasting The CO2 Emissions, Energy Consumption, And Economic Growth In Brazil. Energy, 36(5), 2450-2458.

- Sayılgan, G. (2008). *Soru Ve Yanıtlarıyla İşletme Finansmanı*, 3.Baskı. Ankara: Turhan Kitabevi.
- Sevinç, E. (2014). Makroekonomik Değişkenlerin, BİST-30 Endeksinde İşlem Gören Hisse Senedi Getirileri Üzerindeki Etkilerinin Arbitraj Fiyatlama Modeli Kullanarak Belirlenmesi, *Istanbul University Journal of the School of Business Administration*, 43(2).
- Şahin, E.E. (2018). Kripto Para Bitcoin:ARIMA ve Yapay Sinir Ağları ile Fiyat Tahmini. *Fiscaoeconomia*, 2(2), 74-92.
- Trivedi, H.V. Singh, J.K. (2005). Application Of Grey System Theory In The Development Of A Runoff Prediction Model. *Biosystems Engineering*, 92(4), 521-526.
- Tseng, F.M., Yu, H.C., and Tzeng, G.H. (2001). Applied Hybrid Grey Model To Forecast Seasonal Time Series. *Technological Forecasting And Social Change*, 67(2-3), 291-302.
- Wang, C.H., Hsu, L.C. (2008). Using Genetic Algorithms Grey Theory To Forecast High Technology Industrial Output. *Applied Mathematics And Computation*, 195(1), 256-263.
- Wu, L., Liu, S., Liu, D., Fang, Z., and Xu, H. (2015). Modelling And Forecasting CO2 Emissions In The BRICS (Brazil, Russia, India, China, And South Africa) Countries Using A Novel Multi-Variable Grey Model. *Energy*, 79, 489-495.
- Xia, J., Hu, B. (1997). A Grey System Model For Predicting Trend Change Of Urban Waste Water Load. *Journal of Environmental Hydrology*, 5, 1-10.
- Yılmaz, H., Yılmaz, M. (2013). Forecasting CO2 Emissions For Turkey By Using The Grey Prediction Method. *Sigma*, 31, 141-148.
- Yiğiter, Ş.Y., Sarı, S.S., Karabulut, T., Başakın, E.E. (2018). Kira Sertifikası Fiyat Değerlerinin Makine Öğrenmesi Metodu ile Tahmini. *Uluslararası İslam Ekonomisi ve Finansı Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 74-82.
- Yüksel, R., Akkoç, S. (2016). Altın fiyatlarının yapay sinir ağları ile tahmini ve bir uygulama. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 17(1), 39-50.
- Zhang, Y., Xu, H., and Zheng, Y. (2012). Chinese Residents' Cold Chain Logistics Demand Forecasting Based On GM(1,1) Model. *African Journal of Business Management*, 6(14), 5136.
- Zhan-Li, M., Jin-Hua, S. (2011). Application Of Grey-Markov Model In Forecasting Fire Accidents. *Procedia Engineering*, 11, 314-318.

**Araştırma Makalesi**

**Finansal Yatırım Araçları Fiyatlarının Tahmininde Gri Sistem Teorisi**

*Prediction of Financial Investment Instruments Prices: Evidence From Grey System Theory*

**Buğra BAĞCI**

Hitit Üniversitesi

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

[bugrabagci@hitit.edu.tr](mailto:bugrabagci@hitit.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-3268-3702>

**Extensive Summary**

The uncertainty of the future has always frightened people. This fear has increased the desire to reduce the amount of this uncertainty as much as possible over time. Because people will be able to make healthier plans about the future to the extent that they reduce this uncertainty. Now, people, companies and governments are trying to provide greater advantages by making strong predictions about the future. Here, the prediction of the future periods, which constitute the main purpose of our study, was determined by this motivation described above.

Our study is related to the question of which financial investment instrument people or companies evaluate their savings by investing more in the future.

By using financial investment instruments, the people and corporations that make investments by foreseeing the future situations will move towards a more accurate investment instrument. Taking into consideration the expectations of people who invest more by saving their daily life gains, it will be the greatest desire to estimate the future prices of financial investment instruments prices and to have a high accuracy.

People and corporations give up their funds and savings today and make investments for the future. As stated above, the main purpose of this behavior is to earn more income than the investment amount. In this way, the most widely used financial instruments in Turkey, Gold, US Dollar, Euro, XU 100, Government Domestic Debt Securities and Deposit Interest Rate can be listed.

In Turkey, as in some of the current world economy has been on a serious inflation effect. Therefore, people and corporations use financial investment instruments to protect their savings against inflation.

From this point of view, accurate estimation of financial investment instruments is especially important.

The prediction of time series is a large part of the estimation studies. Time series estimation refers to the process by which a system's future values are estimated based on information obtained from past and current data points. Mathematical models rather than qualitative methods are generally used to increase the accuracy of this estimation process as much as possible. (Kayacan, Ulutaş and Kaynak, 2010, p.1785).

Financial time series generally have a non-stationary stochastic structure. Therefore, techniques having more flexible based algorithms are preferred.

The grey prediction is the case where the system is defined using the original series based on grey differential equations and predictions for the future by keeping the system under control in the light of these data.

In this study, GM(1,1) model, which can work with the lowest number of observations and whose solution is based on differential equations, is used.

In our study, using the GM(1,1) model, which is one of the grey systems that has shown successful results in the literature, it is aimed to form a model which has the characteristics of a time series, which is especially important in the field of social sciences, and which will predict the future prices of financial investment instruments.

Grey Systems Theory, an interdisciplinary study, was first proposed by Ju-Long Deng in 1982. Since then, it has become particularly prominent in dealing with uncertain parameters. This theory, which has developed rapidly since its inception and has attracted the attention of many researchers, has been successfully integrated into many systems such as social, economic, industrial, ecological and military systems.

When the development of this theory is examined, it is seen that some universities in Japan, China and Australia have given courses on grey system theory in the early 1990s. In 1996, China Grey System Association was established. After these years, symposiums of grey systems were organized especially in the Far East countries. The Journal of Grey Systems, which is still online, has been published periodically since 1989 (Liu and Lin, 1998, p.2).

When the developments in the grey system theory are examined, it is seen that the studies are mostly concentrated in the Far East countries.

The systems studied in grey system theory are defined by colors. This color represents the amount of information about the system. For example, if the definition and parameters of the system being studied are completely known, this system is called white system in grey system theory. On the other hand, if there is no information about the parameters, dynamics and models of the system, the system is called black system. However, when we have some information about the system, these systems are also called grey systems. The proximity of the color described here in to white or black is entirely related to the amount of information possessed.

The grey prediction is the case where the system is defined using the original series based on grey differential equations and predictions for the future by keeping the system under control in the light of these data.

Gold, Foreign Exchange (Dollar and Euro), XU 100, Government Domestic Debt Securities and Deposit Interest Rate, which are thought to be alternatives to each other and invested intensively both in individual and corporate terms, were determined as variable in our study. Monthly data for these variables from 1 January 2019 to 30 November 2019 were used. Data were obtained through EVDS data system of the Central Bank of Turkey. No missing data were found in any of the variables taken in the analysis. Therefore, the data set consisting of 11 observations for all variables was analyzed separately.

Firstly, the data of the variables included in the analysis were shown and the GM(1,1) models were established separately with the data of these variables. With the help of the model established in this way, observations for the current periods were estimated.

When the error rates calculated by using equation (17) and equation (18) of the estimations made with the established GM(1,1) model are examined; with the least error, the estimation belongs to the Gold variable and to the Dollar, Euro, XU 100, Governments Domestic Debt Securities and Deposit Interest Rate.

Accuracy values obtained with the help of these error terms were calculated by using equation (19) and it was found that the highest accuracy rate belonged to Gold and Dollar, Euro, XU 100, Governments Domestic Debt Securities and Deposit Interest Rate variables, respectively.

Therefore, the forecasting values are close to the real values.

As a result, in this study, the most preferred financial investment instruments in Turkey, Gold, Dollar, Euro, XU 100, Government Domestic Debt Securities and Deposit Interest Rate, variables of 2019, the first 11 values realized for the month of variables considering separately the GM(1,1) model has been developed. It is known that the accuracy of the predictions made especially for financial time series affects individuals, corporations and governments to a great extent. In this way, all relevant units use these predictions in their plans for the future and take measures. Several techniques are available for estimating series. They can be classified in terms of the number of variables, the infrastructure on which they are based, the algorithms they use, or in other ways. Recently, in addition to heuristical methods, fuzzy systems and grey systems have been used frequently. It is seen that, GM(1,1) model which is solved by grey differential equations based on the theory of differential equations gives very realistic results in the literature. In this study, financial investment instruments prices are considered as a time series and estimation systems based on the historical values of each series have been established and prediction is made for all periods studied and then for the future period.