

# HAREKETLİ ORTALAMALAR VE ÜSSEL DÜZELTME YÖNTEMLERİNİN TAHMİN GÜCÜNÜN ARTIRILMASI: TÜRKİYE'DE DÖVİZ KURU TAHMİNİ

Buğra BAĞCI<sup>1</sup>

## Özet

Tüm alanlarda olduğu gibi, sosyal bilimler alanında da çok önemli olan geleceğin doğru tahmin edilmesi, özellikle ekonomik değişkenler söz konusu olduğunda daha da hayati olabilmektedir. Dolayısıyla, yapılan tahminlerin hata oranı, geleceğe dair yapılacak plan ve programların başarısıyla direkt ilişkili olmaktadır. Çalışmamızda, hem devletler hem de bireyler açısından çok önemli olan finansal değişkenlerden, döviz kuru (Amerikan Doları ve Euro) verileri analiz edilmiştir. Daha doğru tahmin sonuçlarına odaklanan bu çalışmada, zaman serilerinin tahmin edilmesinde yoğun şekilde kullanılan hareketli ortalama ve üssel düzeltme tekniklerinin tahmin sonuçları Fourier serileri ile düzeltilmiş ve yeni tahmin sonuçları elde edilmiştir. Fourier serileri ile modifiye edilen modellerden elde edilen sonuçların daha düşük hata oranlarıyla, daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hareketli Ortalama, Üssel Düzeltme, Fourier Modifikasyon, Tahminleme.

## INCREASE THE ESTIMATE POWER OF MOVING AVERAGE AND EXPONENTIAL SMOOTHING METHODS: FORECASTING EXCHANGE RATE IN TURKEY

### Abstract

The correct prediction of the future, which is also very important in the field of social sciences as in all fields, can be even more vital, especially when it comes to economic variables. Therefore, the error rate of the estimates is directly related to the success of the plans and programs to be made for the future. In our study, exchange rate (US Dollar and Euro) datas which are very important for both states and individuals, were analyzed. In this study, which focuses on more accurate estimation results, the estimation results of the moving average and exponential smoothing techniques, which are used extensively in estimating time series, were corrected with Fourier series and new estimation results were obtained. It is concluded that the results obtained from models modified with Fourier series are more successful with lower error rates.

**Key Words:** Moving Average, Exponential Smoothing, Fourier Modification, Forecasting.

## 1. GİRİŞ

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, bugrabagci@hitit.edu.tr, Hitit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, ORCID: 0000-0002-3268-3702

Gelecek, içerisinde barındırdığı belirsizlik nedeniyle insanlar üzerinde korkuya sebep olabilmektedir. İnsanlar da, bu belirsizliği mümkün olduğunca azaltmak için ellerinden gelen çabayı göstereceklerdir. Çünkü bu belirsizlik azaltıldığı sürece geleceğe dair sağlıklı planlar yapılabilmektedir. Bu noktadan hareketle, tüm çalışma alanlarında olduğu gibi sosyal bilimler alanında da geleceğin tahmin edilmesinin hayati öneme sahip olduğu söylenebilir.

Sosyal bilimler alanındaki tahminleme çalışmalarının büyük bir kısmını, zaman serilerinin tahmin edilmesi oluşturmaktadır. Zaman serisi öngörü analizi, sisteme ait geçmiş ve mevcut veri noktalarından elde edilen bilgiler ışığında, sistemin gelecekte alabileceği muhtemel değerlerin tahmin edildiği süreci ifade etmektedir. Zaman serisi tahmin modelleri sosyal bilimler alanında, özellikle hisse senedi endeksleri, döviz kurları, büyüme oranları, enflasyon verileri ve faiz oranları gibi finansal piyasalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Mümkün olan en küçük hata payı ile öngöründe bulunabilmek, kişilerin, şirketlerin ve hükümetlerin ekonomi politikalarında değişikliklere sebep olabilir ve finansal aktörler tarafından daha planlı eylemler yapma avantajı sağlayabilmektedir (Kayacan vd., 2010:1784).

Bu anlamda, hem diğer ekonomik değişkenlere olan etkileri hem de yatırım aracı olarak yoğun şekilde kullanılmaları sebebiyle çalışmamızda; döviz kuru (Amerikan Doları ve Euro) fiyatları değişkenleri ele alınmıştır.

Dünyanın daha küresel bir yapıya bürünmesiyle birlikte, yaşanan ekonomik krizlerin birçoğunun merkezinde döviz kuru yer almaktadır. Bu anlamda, hem devletlerin belirlediği ekonomi politikalarını etkilemesi, hem Türkiye’de özellikle enflasyona etkisi ile bireylerin kişisel yaşantılarını etkilemesi, hem de özellikle yüksek enflasyon görülen ülkelerde bir yatırım aracı olarak da kullanılması döviz kurunun önemini bir kat daha artırmaktadır. Türkiye’de fiyatı en çok araştırma konusu olan döviz, Amerikan Doları ve Euro’dur.

Döviz kuru, bir ülkenin kendi para biriminin, karşılaştırılan diğer ülke para birimi karşısındaki değerini ifade etmektedir. Karşılaştırma yapılan ilgili yabancı para biriminin fiyatı ise, her ne kadar piyasa şartlarında arz-talep ilişkisi ile belirleniyor olsa da, ülke içerisindeki yasal mevzuatlar bu ilişkinin sınırını belirleyebilmektedir (Doğukanlı, 2008:49).

Türkiye’de döviz kuru tahmini üzerine yapılmış çalışmalar incelendiğinde karşılaşılan çalışmalardan bazıları şunlardır. Bircan ve Karagöz (2003) çalışmalarında, Türkiye’de döviz kuru tahmininde Box-Jenkins modellerini kullanmış ve en uygun modeli seçmişlerdir. Vergil ve Özkan (2007) çalışmalarında, döviz kuru tahmininde parasal yaklaşım modeli ve ARIMA modelini kullanmışlardır. Sonuçta, ARIMA modelinin daha iyi tahmin yaptığını göstermişlerdir. Altan (2008) çalışmasında, döviz kuru tahmininde yapay sinir ağları ve VAR modelini kullanmışlardır. Ayrıca bu iki tahmin sonuçlarının birleştirilmesi ile daha iyi sonuçlar elde edilebileceği de gösterilmiştir. Özkan (2011) çalışmasında, döviz kuru tahmininde alternatif bir yaklaşım olarak yapay sinir ağlarını önermiştir. Ayrıca çalışmada döviz kurunun gecikmeli değerlerinin kullanıldığı modellerin en iyi tahmin sonucuna ulaştığını da göstermiştir. Özkan (2012) çalışmasında, döviz kuru tahmininde yapay sinir ağları ve parasal yaklaşım modelini kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda yapay sinir ağlarının daha az hatayla tahmin yaptığını göstermiştir. Önalın(2014) çalışmasında, döviz kuru tahmininde Gri tahmin modellerinden Gri Markov modelini kullanmıştır. Duran (2014) çalışmasında, Türkiye’de döviz kurunu tahmin etmede getiri eğrilerini kullanmıştır. Sonuçta, getiri eğrilerinin bu uygulamada kullanılabileceği ve tahmin ufkunun uzaması durumunda daha isabetli sonuçlar alınabileceğini göstermiştir. Tas vd. (2018) çalışmalarında, döviz kuru tahmininde istatistiksel yöntem ve yapay sinir ağlarını karşılaştırarak yapay sinir ağlarının daha doğru sonuçlar

verebildiğini göstermiştir. Ketboğa (2019) çalışmasında, döviz kuru tahmin etmede kullanılan tahmin yöntemleri ve özelliklerinden bahsederek, yöntemlerin etkinliğini tartışmıştır.

Çalışmamızı diğer çalışmalardan ayıran en önemli özellik, yapılan tahmin sonuçlarına ait hata oranlarını, Fourier serileri açılımına ait modifikasyon işlemleriyle daha da düşürerek, tahmin doğruluğunu artırmayı amaçlamasıdır.

Fourier serileri yardımıyla, tahmin tekniklerinin modifiye edilerek daha doğru sonuçlar elde etmek amacıyla yapılan çalışmalar incelendiğinde karşılaşılan çalışmalar ise şu şekildedir. Saremi vd. (2011) çalışmalarında, su kaynaklarının daha verimli kullanılabilmesi amacıyla yaptıkları hesaplamalarda, oluşturdukları zaman serilerini analiz etmek için ARIMA ve Fourier modifikasyonunu kullanmışlardır. Wang vd. (2012) çalışmalarında, Çin’de elektrik tüketim talebi için, elde ettikleri zaman serisini SARIMA metodu ile tahmin ettikten sonra oluşan hata terimlerine Fourier dönüşüm uygulamışlardır. Nguyen vd. (2013) çalışmalarında, Tayvan’da havayolu kullanılarak taşınan kargo miktarına ait verileri SARIMA metodu ve bu metodun Fourier modifikasyonu ile tahmin etmişlerdir. Shu vd. (2014) çalışmalarında, deniz yolu taşımacılığı ile yapılan konteyner sevğine ilişkin zaman serisi verileri yine SARIMA ve onun Fourier modifikasyonu ile tahmin etmişlerdir. Shu vd. (2014) çalışmalarında, Yeni Zellanda’ya gelen turist sayısını tahmin etmek için SARIMA ve hata düzeltmeleri modifikasyonu kullanmışlardır. Iwok ve Udoh (2016) çalışmalarında, tüketici fiyat endeksi (TÜFE) verisini analiz etmede ARIMA, ARIMA’nın Fourier modifikasyonu ve Wavelet yöntemlerini kullanmışlardır. Eze vd. (2020) çalışmalarında, kadınların hamilelik sırasında yaşadıkları sıtma hastalığı sıklık oranına ait verileri ARIMA ve Fourier modifikasyonu kullanarak tahminleme yapmışlardır.

Bütün bu yazılanlar göz önüne alındığında, hem literatür incelemesi sonucu benzer çalışmaların bulunmaması ve gelişmeye açık bir çalışma alanı olması, hem de ekonomik değişkenlerin yapısı gereği genellikle doğrusal olmayan, stokastik zaman serileri olması sebebiyle, konvansiyonel tahmin yöntemleri ile yapılan tahminlerinin hata oranlarının yüksek olması, ekonomik değişkenlerin fiyatlarının tahmin edilmesinde bu şekilde bir modifikasyon çalışmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Buradan hareketle çalışmamızda, özellikle ekonomik değişkenlerin değerlerinin tahmin edilmesinde yoğun şekilde kullanılan hareketli ortalamalar ve üssel düzeltme yöntemlerinin modifiye edilerek doğruluk oranlarının artırılması amaçlanmaktadır. Sonuçta da, yapılan Fourier serisi modifikasyonunun, bu iki geleneksel zaman serisi tahmin yönteminin doğruluk oranını artırdığı görülmektedir.

Çalışmamızın ilerleyen bölümleri şu şekilde tasarlanmıştır. İkinci bölümde, kullanılan geleneksel tahmin yöntemlerinden hareketli ortalamalar ve üssel düzeltme modelleri ile Fourier modifikasyon açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde, kullanılan veri seti ve özellikleri yer almaktadır. Dördüncü bölüm, çalışmanın temel bulgularını içerirken, çalışmamız beşinci bölümde genel sonuç, yorum ve öneriler ile sonlandırılmaktadır.

## **2. MATERYAL ve YÖNTEM**

Bu bölümde çalışmanın temelinde yer alan iki konvansiyonel zaman serisi analiz tekniği olan hareketli ortalamalar ve üssel düzeltme teknikleri ile Fourier serileri açılımı anlatılacaktır.

### **2.1.Hareketli Ortalamalar**

Ekonomik verilerin tahmin edilmesinde sıklıkla kullanılan tekniklerden bir tanesi de hareketli ortalamalar tekniğidir. Hareketli ortalamalar tekniği, özellikle bireysel yatırımcıların yatırımlarını yönlendirmelerinde yoğun şekilde kullanılmaktadır.

Hareketli ortalamalar tekniği, ele alınan değişkende meydana gelen kısa dönemli dalgalanmalardan etkilenmeyerek uzun dönemde meydana gelebilecek trendin öngörülmesini amaçlamaktadır (Kılıç ve Sözen, 2020).

Hareketli ortalamalar tekniklerinden en sık kullanılanı, basit hareketli ortalamalar tekniğidir. Bu teknikte, ele alınan zaman diliminde gerçekleşen tüm gözlem değerleri eşit öneme sahiptir. Çalışmamızda da basit hareketli ortalamalar tekniğinden yararlanılmıştır.

Genel olarak hareketli ortalamalar tekniğinin işleyişi aşağıdaki eşitlik yardımıyla gerçekleşmektedir.

$$MA(n) = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (1)$$

Burada  $n$  hareketli ortalamanın derecesini göstermekle beraber, bugünkü değeri, önceki kaç dönemin etkilediğini ifade etmektedir.  $P_i$ , ise  $i$ . zamanındaki gözlem değerini göstermektedir.

## 2.2. Üssel Düzeltme

Üssel düzeltme tekniği hareketli ortalamalar tekniğinin daha özel bir durumu olarak tasvir edilebilir. Basit hareketli ortalamalarda, ele alınan serinin geçmiş dönemlerdeki gözlem değerlerine eşit ağırlık verilmektedir. Üssel düzeltme tekniğinde ise, geçmiş dönemdeki gözlem değerlerine farklı ağırlıklar verilmektedir. Burada, ele alınan sistemin geçmiş gözlem değerlerini ağırlıklandırırken, başlangıç noktasından son gözlem değerine doğru üssel şekilde artan bir ağırlıklandırma söz konusudur. Yani üssel düzeltme tekniğinde, daha eski gözlem değerlerine daha düşük ağırlık verilirken, daha yeni gözlem değerlerine daha yüksek ağırlık verilmektedir (Çağlar, 2007:39).

Üssel düzeltme tekniğinde geçmiş gözlem değerlerinin farklı şekilde ağırlıklandırılması, düzeltme katsayısı vasıtasıyla yapılmaktadır. Düzeltme katsayısının alabileceği değerler  $0 \leq \alpha \leq 1$  şeklindedir. Buradaki  $\alpha$  katsayısı farklı gözlem değerlerinin farklı ağırlıklarla modele katkıda bulunmasını sağlamaktadır (Üreten, 2005:150).

Bir zaman serisinin düzeltilmesi, zaman içinde belirli bir noktadaki trendin, o noktaya yakın noktalardaki gözlenmiş değerlerin ağırlıklı ortalaması ile ifade edilmesi anlamına gelir. Gözlenmiş değerin, trend ve rassal hatanın toplamı olduğu kabul edilir.

Basit üssel düzeltme modelinin genel ifadesi şu şekildedir.

$$P_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)P_t \quad (2)$$

Burada,

$P_{t+1}$ , (t+1). dönem için tahmin edilen değer,

$y_t$ , t. dönem için gerçek değer,

$P_t$ , t. dönem için tahmin edilen değer,

$\alpha$ , düzeltme sabitidir.

(2) eşitliği kullanılarak herhangi bir sisteme ait zaman serisinin geçmiş dönem verileri ağırlıklandırılarak, gelecek dönemlere ilişkin tahminlerde bulunulabilir (Anderson, 1971:472).

### 2.3. Fourier Serileri Açılımı

Yukarıdaki bölümlerde de anlatıldığı üzere literatürde halihazırda kullanılan birçok zaman serisi tahmin yöntemi vardır. Ancak yapılan analizlerde bazı yöntemlerin daha yüksek hata oranlarıyla tahminler yaptığı görülmektedir. Böyle durumlarda, söz konusu tekniğin bazı dönüşümler yardımıyla, ürettiği tahmin sonuçlarını modifiye ederek daha doğru veriler elde edilebilir. Bu çalışmada da tahmin yöntemleri Fourier serileri yardımıyla modifiye edilecektir. Tahmin sonuçlarının Fourier serileri kullanılarak dönüştürülebileceğini Tan ve Chang (1996) çalışmalarında göstermişlerdir. Sonraki yıllarda da birçok çalışmada bu yöntem kullanılmıştır.

$y^{(0)}(k)$ , gerçek gözlem değeri ve  $\hat{y}^{(0)}(k)$  o gözlemin orijinal yöntem tarafından tahmin edilen değeri olmak üzere,

$$\varepsilon^{(0)}(k) = y^{(0)}(k) - \hat{y}^{(0)}(k) \quad (3)$$

şeklinde hata terimleri hesaplanmaktadır.

Bu şekilde, hata terimleri dizisi (4) şeklinde ifade edilebilir.

$$\varepsilon^{(0)} = (\varepsilon^{(0)}(1), \varepsilon^{(0)}(2), \dots, \varepsilon^{(0)}(n)) \quad (4)$$

Burada elde edilen hata terimleri dizisinin her bir elemanı aşağıdaki gibi Fourier serisine açılacaktır.

$$\varepsilon^{(0)}(k) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{i=1}^z \left[ a_i \cos\left(\frac{2\pi i}{T}k\right) + b_i \sin\left(\frac{2\pi i}{T}k\right) \right], \quad k = \overline{1, n} \quad (5)$$

Burada  $n$  gözlem sayısı olmak üzere,

$$T = n - 1, \quad z = \frac{n - 1}{2} - 1 \quad (6)$$

dir.

Eşitliklerden de anlaşılacağı üzere  $T$  zaten bir tamsayıdır, fakat  $z$  her zaman tamsayı olmak zorunda değildir.  $z$  bir tamsayı olmadığı durumlarda, en yakın tamsayı değeri alınabilir.

Hata terimlerine ait Fourier serisi açılımı incelendiğinde, her bir hata teriminin iki matrisin çarpımı şeklinde yazılabileceği görülmektedir. Bu durum (7) eşitliği şeklinde yazılabilir.

$$\varepsilon^{(0)} = PC \quad (7)$$

Burada,

$$C = [a_0, a_1, b_1, \dots, a_n, b_n]^T \quad (8)$$

ve

$$P = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi}{T}2\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{T}2\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi z}{T}2\right) & \sin\left(\frac{2\pi z}{T}2\right) \\ \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi}{T}3\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{T}3\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi z}{T}3\right) & \sin\left(\frac{2\pi z}{T}3\right) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi}{T}n\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{T}n\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi z}{T}n\right) & \sin\left(\frac{2\pi z}{T}n\right) \end{bmatrix} \quad (9)$$

dir.

Burada,  $C$  katsayılar matrisini hesaplamak için en küçük kareler tekniği kullanılır ve sonuç olarak  $C$  matrisi (10) şeklinde elde edilir.

$$C = (P^T P)^{-1} P^T \varepsilon^{(0)} \quad (10)$$

Bu şekilde hata terimleri Fourier serisi açılımı ile düzeltilmiş olur. Düzeltilmiş hata terimleri,

$$y_f(k) = \hat{y}^{(0)}(k) + \varepsilon_f(k) \quad (11)$$

şeklinde kullanılarak yeni tahmin değerleri elde edilebilir (Kayacan vd. 2010:1787).

### 3. VERİ SETİ ve ÖZELLİKLERİ

Çalışmamızda, Türkiye’de sık kullanılan ekonomik araçlardan döviz kuru (Amerikan Doları ve Euro) fiyatlarına ait veriler kullanılmıştır. Çalışmada, 2014:8-2020:3 tarihleri arasındaki aylık veriler analiz edilmiştir. Veriler, Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) üzerinden elde edilmiştir. Çalışmaya konu olan hiçbir değişkende herhangi bir eksik veriye rastlanmamıştır. Analizler için verilerin herhangi bir dönüşüme ihtiyacı olmadığından gerçek veriler kullanılmıştır.

### 4. AMPİRİK BULGULAR

Çalışmamızda Ağustos 2014-Mart 2020 dönemine ait aylık Amerikan Doları ve Euro satış fiyatları, ayrı ayrı hareketli ortalama modeli ve üssel düzeltme modeli ile tahmin edilmiştir. Her bir gözleme ait elde edilen tahmin değerleri yardımıyla hata terimleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu hata terimlerine, Fourier serileri modifikasyonu uygulanarak hatalar düzeltilmiş ve söz konusu iki modele ait yeni tahmin sonuçları elde edilmiştir. Dolayısıyla toplam 4 farklı modelde tahminler gerçekleştirilmiştir. Bu anlamda, kullanılan model isimleri ve çalışmamızda kullanılan kısa isimleri aşağıda ifade edilmiştir.

**MA:** Hareketli Ortalama Modeli

**ÜSSEL:** Üssel Düzeltme Modeli

**F-MA:** Fourier Serileri İle Modifiye Edilmiş Hareketli Ortalama Modeli

**F-ÜSSEL:** Fourier Serileri İle Modifiye Edilmiş Üssel Düzeltme Modeli

Tablo 1, incelenen dönemde ele alınan ekonomik değişkenlerin gerçek değerlerini göstermektedir.

**Tablo 1:** Ele Alınan Değişkenlere Ait Gerçek Değerler

Tarih	Dolar	Euro
Ağustos 2014	2,16	2,88
Eylül 2014	2,21	2,86
Ekim 2014	2,26	2,87
Kasım 2014	2,24	2,79
Aralık 2014	2,29	2,83
...	...	...
Kasım 2019	5,74	6,35
Aralık 2019	5,85	6,49
Ocak 2020	5,93	6,59
Şubat 2020	6,06	6,61
Mart 2020	6,33	7,00

Tablo 1 incelendiğinde Dolar ve Euro değişkenlerinin fiyatlarının düzenli artış gösterdiği görülmektedir.

Çalışmamızda öncelikle bu gerçek değerler kullanılarak hem hareketli ortalamalar hem de üssel düzeltme yöntemleriyle tahminler yapılmıştır. Burada, hareketli ortalamalar tekniği uygulanırken, hızlı hareketli ortalama olarak MA derecesi 5 alınmıştır.

Tahminlerin doğruluk değerlerinin hesaplanması için tahminlere ait hata oranları hesaplanmıştır. Hata oranlarının hesaplanmasında MAPE (Mean Absolute Percentage Error) ve RMSE (Root Mean Square Error) hata ölçütleri kullanılmıştır. Bu hesaplamada kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$MAPE = \left( \frac{y^{(0)}(k) - \hat{y}^{(0)}(k)}{y^{(0)}(k)} \right) \quad (12)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{k=1}^N \frac{(y^{(0)}(k) - \hat{y}^{(0)}(k))^2}{N}} \quad (13)$$

Hareketli ortalamalar ve üssel düzeltme modeli ile elde edilen tahmin sonuçlarına ait hata oranları aşağıdaki tablo 2 ve tablo 3'te yer almaktadır.

**Tablo 2:** Hareketli Ortalamalar (MA(5)) Tahmin Hata Oranları

	Dolar	Euro
MAPE	0.056	0.051
RMSE	0.380	0.405

**Tablo 3:** Üssel Düzeltme Tahmin Hata Oranları

	<b>Dolar</b>	<b>Euro</b>
<b>MAPE</b>	0.031	0.029
<b>RMSE</b>	0.215	0.245

Tablo 2 ve tablo 3 dikkatle incelendiğinde üssel düzeltme modelinin, tahmin ettiği değerlerin gerçek değerlere daha yakın olduğu ve incelenen verilerin üssel düzeltme modeliyle daha iyi uyum gösterdiği görülmektedir.

Analizlerin ikinci aşamasında, hem hareketli ortalamalar hem de üssel düzeltme modeli ile elde edilen tahminlere ait hata terimlerine Fourier dönüşümü uygulanmıştır. Burada gerekli olan parametreler,  $n = 68$  olmak üzere;

$$T = n - 1 = 67 \text{ ve } z = \frac{n - 1}{2} - 1 = 32,5$$

şeklinde hesaplanmıştır. Burada  $T$  bir tamsayı,  $z$  ise tamsayı olacak şekilde seçilebileceğinden  $z = 32$  olarak alınmıştır.

Bu şekilde, Fourier dönüşümü matrisi ile kalıntılar yeniden değerlendirilmiş ve elde edilen tahmin değerleri tekrar hesaplanmıştır.

F-MA ve F-Üssel modelleri ile elde edilen tahmin sonuçlarına ait hata oranları aşağıdaki tablo 4 ve tablo 5'te yer almaktadır.

**Tablo 4:** F-MA(5) Modeli Tahmin Hata Oranları

	<b>Dolar</b>	<b>Euro</b>
<b>MAPE</b>	0.003	0.003
<b>RMSE</b>	0.020	0.017

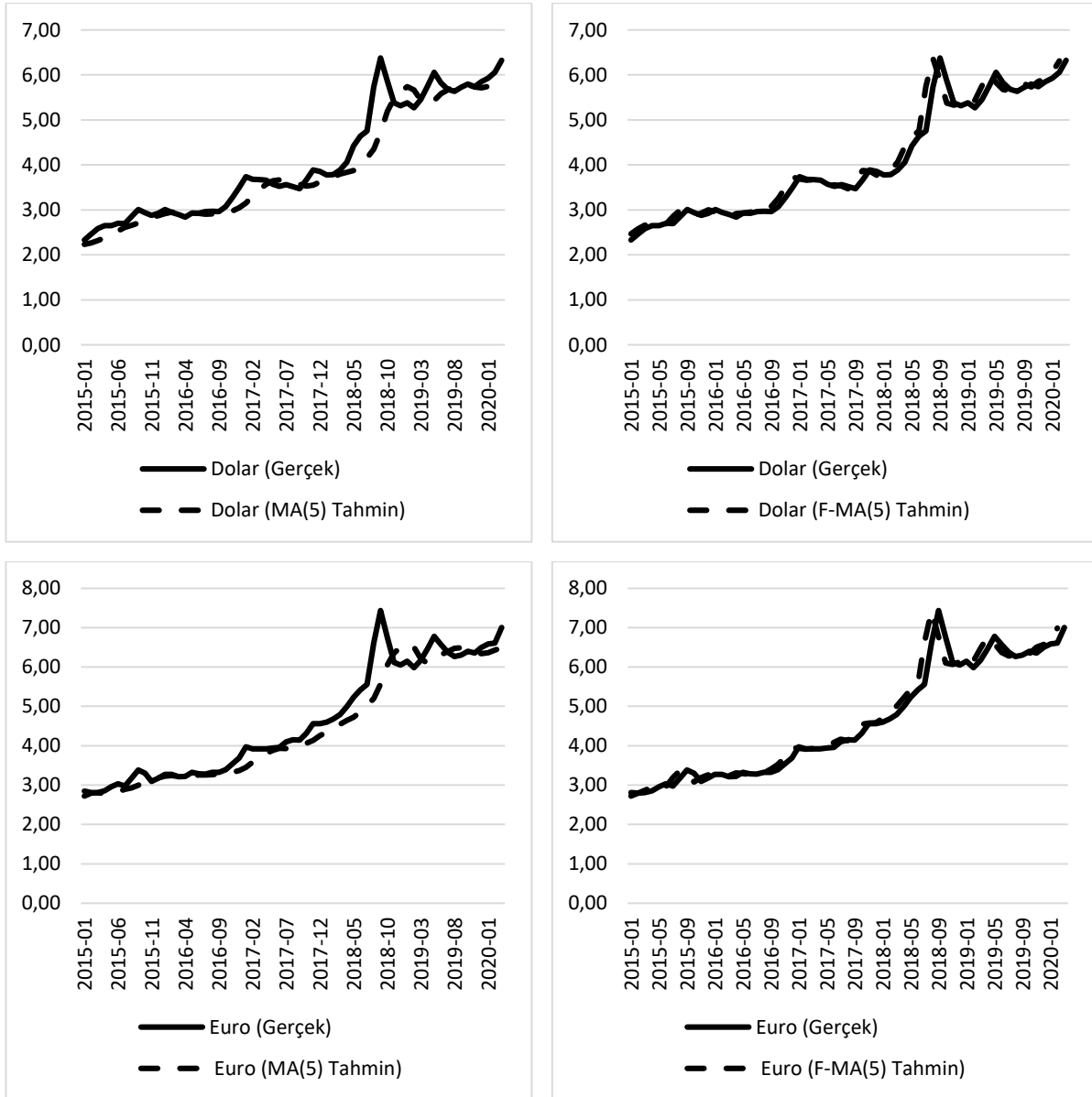
**Tablo 5:** F-Üssel Modeli Tahmin Hata Oranları

	<b>Dolar</b>	<b>Euro</b>
<b>MAPE</b>	0.003	0.003
<b>RMSE</b>	0.013	0.015

Tablo 4 ve tablo 5 incelendiğinde, Fourier dönüşümünün her iki tahmin tekniğini de birbirine çok yakın doğruluk oranlarına getirdiği görülmektedir.

Her bir değişkene ait gerçek değerler, hareketli ortalamalar ile elde edilen tahmin değerleri ve Fourier serileri ile modifiye edilen hareketli ortalamalar modeli ile elde edilen tahmin değerlerinin birlikte yer aldığı aşağıdaki grafikler şekil 1'de gösterilmiştir.

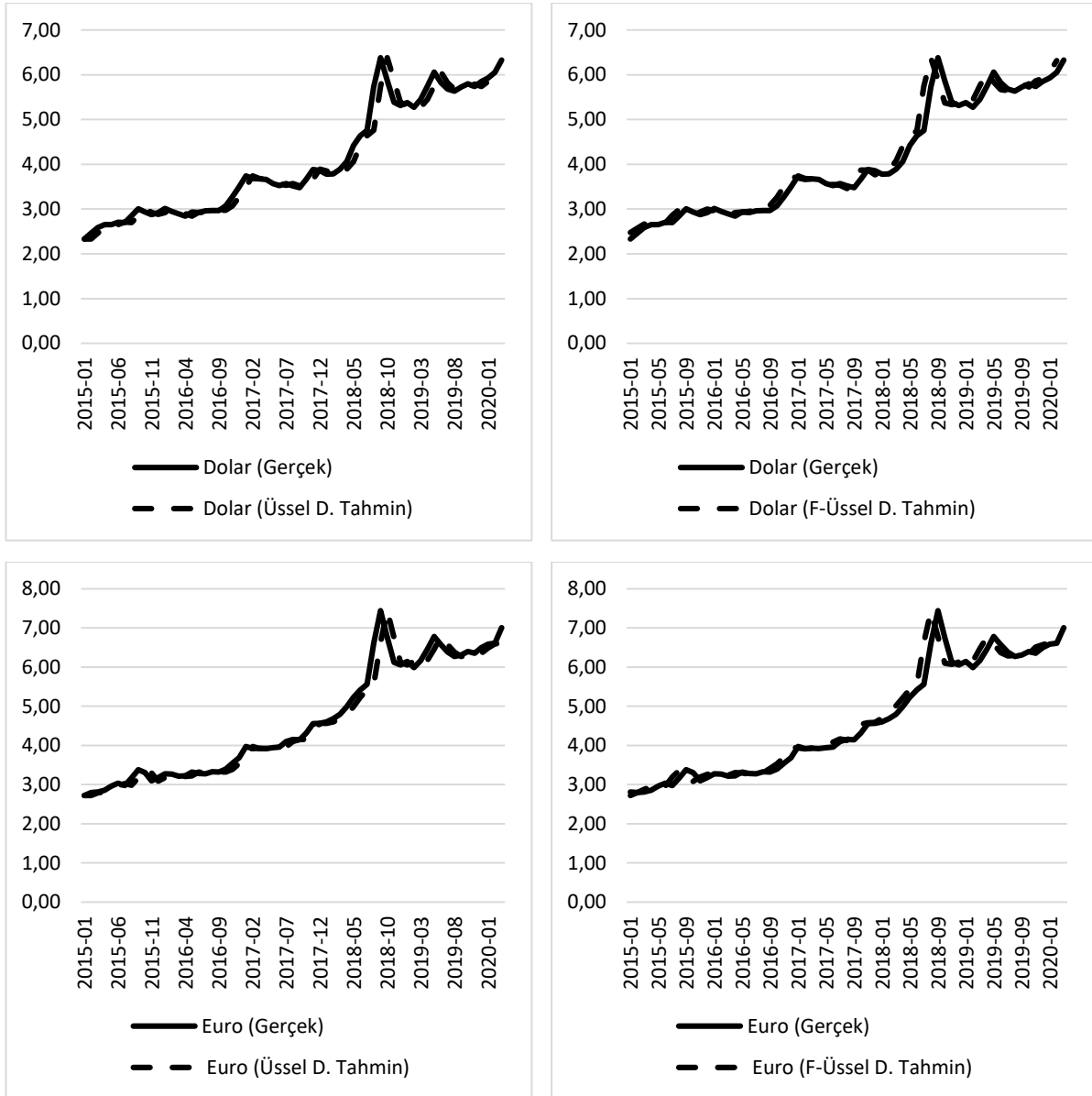




**Şekil 1:** Değişkenlere Ait Gerçek Değerler-MA ve Gerçek Değerler-F-MA Grafikleri

Grafiklerden de görüleceği üzere hareketli ortalamalarda gerçek değerden uzaklaşan değerler Fourier dönüşüm ile gerçek değerlerin izlediği yola yaklaştırılmış ve böylece hata oranı azaltılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan ikinci teknik olan üssel düzeltme tekniği ile elde edilen tahmin değerleri, Fourier modifikasyonlu üssel düzeltme modeline ait tahmin değerleri ve gerçek değerlere ilişkin zaman seyri grafikleri aşağıdaki şekil 2'de elde edilmiştir.



**Şekil 2:** Değişkenlere Ait Gerçek Değerler-Üssel D. ve Gerçek Değerler-F-Üssel Grafikleri

Burada da, hareketli ortalamalarda elde edilen sonuca benzer şekilde üssel düzeltme modelinde gerçek değerlerden uzaklaşan tahmin değerleri Fourier düzeltme ile gerçek değerlerin izlediği çizgiye yaklaştırılmış ve böylece hata oranı mümkün olduğunca azaltılmıştır.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda, Türkiye’de sıklıkla kullanılan ekonomik araçlardan Amerikan Doları ve Euro, verileri kullanılmıştır. Öncelikle hem kişi ve kurumların tasarruflarını değerlendirmesi sebebiyle yatırım aracı olarak, hem de diğer ekonomik değişkenlere etkileri sebebiyle, bu değişkenlerin mümkün olduğu kadar doğru tahmin edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Çalışmamızda, ele alınan bu değişkenlerin kendi geçmiş değerlerinden etkilendiği düşüncesiyle tek değişkenli olarak değerlendirilmişlerdir. Bu anlamda, tek değişkenli zaman serilerinin analiz tekniklerinden olan hareketli ortalamalar ve üssel düzeltme teknikleri kullanılmıştır. Modifikasyon işlemi yapmadan önce, orijinal tekniklerden elde edilen tahminlerde, üssel düzeltme tekniğinden üretilen sonuçların başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buradan yapılacak çıkarım, ele alınan ekonomik değişkenlerin fiyatlarının daha eski değerlerinden daha az, daha yakın geçmişteki değerlerinden daha çok etkilendiğidir. Çünkü üssel düzeltme tekniğinin alt yapısı bu şekilde geçmiş değerlere farklı katsayılar hesaplayacak şekilde tasarlanmıştır.

Çalışmamızın ana amacı, yapılan tahmin hatalarının azaltılması ve daha doğru sonuçların elde edilmesine dayandığı düşüncesinden hareketle, orijinal modellere ilişkin tahmin sonuçları Fourier serileri ile modifiye edilmiştir. Bu analizlerin sonucunda, hem hareketli ortalamalar hem de üssel düzeltme tekniklerinin Fourier serileri modifikasyonlarının daha yüksek doğruluk oranına sahip sonuçlar ürettiği görülmüştür. Sonuçta, analizlerde sıklıkla kullanılan konvansiyonel tahmin modellerinin çeşitli modifikasyonlarla çok daha doğru tahminler üretebileceği gösterilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Altan, Ş. (2008). Döviz Kuru Öngörü Performansı İçin Alternatif Bir Yaklaşım: Yapay Sinir Ağı. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10(2), 141-160.
- Anderson, T.W. (1971). *The Statistical Analysis Of Time Series*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bircan, H., & Karagöz, Y. (2003). Box-Jenkins Modelleri ile Aylık Döviz Kuru Tahmini Üzerine Bir Uygulama.
- Çağlar, T. (2007). Talep Tahmininde Kullanılan Yöntemler ve Fens Teli Üretimi Yapan Bir İşletmede Uygulanması, (Yüksek Lisans Tezi), Kırıkkale: Kırıkkale Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Doğukanlı, H. (2008). Uluslararası Finans, Genişletilmiş 2. Baskı, Adana: Karahan Yayınları.
- Duran, M. (2014). Getiri Egrilerinin Döviz Kuru Tahmininde Kullanılması (No. 1416). Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey.
- Eze, C. M., Asogwa, O. C., Onwuamaeze, C. U., Eze, N. M., & Okonkwo, C. I. (2020). On the fourier residual modification of ARIMA models in modeling malaria incidence rates among pregnant women. American Journal of Theoretical and Applied Statistics, 9(1), 1-7.
- Iwok, I. A., & Udoh, G. M. (2016). A Comparative study between the ARIMA-Fourier Model and the Wavelet model. American Journal of Scientific and Industrial Research, 7(6), 137-144.
- 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.

- Ketboğa, M. (2019). Döviz Kuru Tahmin Yöntemlerinin Özellikleri, Döviz Kuru Hareketlerini Belirlemedeki Üstün Ve Zayıf Yanları. *Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5(2), 44-67.
- Kılıç, S.S., & Sözen, A. (2020). Forex Piyasalarında Kullanılan Hareketli Ortalama Göstergesinin Uzman Danışman Olarak Enerji ve Maden Ürünleri ile Yapılan İşlemlerde Kullanımı. *Politeknik Dergisi*.
- Nguyen, T. L., Chen, P. J., Shu, M. H., Hsu, B. M., & Lai, Y. C. (2013). Forecasting with Fourier residual modified ARIMA model: The case of air cargo in Taiwan. In *Diversity, Technology, and Innovation for Operational Competitiveness: Proceedings of the 2013 International Conference on Technology Innovation and Industrial Management* (pp. 5-135). To Know Press.
- Önalın, O. (2014). Currency Exchange Rate Estimation using Grey Markov Prediction Model. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 1(3), 205-217.
- Özkan, F. (2011). Döviz Kuru Tahmininde Yapay Sinir Ağlarıyla Alternatif Yaklaşım. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6(2), 185-200.
- Özkan, F. (2012). Döviz Kuru Tahmininde Parasal Model ve Yapay Sinir Ağları Karşılaştırması. *Business and Economics Research Journal*, 3(1), 27-39.
- Saremi, A., Pashaki, M.H.K., Sedghi, H., Rouzbahani, A., & Saremi, A. (2011). Simulation of river flow using Fourier series models. In *International Conference on Environmental and Computer Science* vol. 19: 133 (Vol. 138).
- Shu, M.H., Hung, W.J., Nguyen, T.L., Hsu, B.M., & Lu, C. (2014). Forecasting with Fourier residual modified ARIMA model-An empirical case of inbound tourism demand in New Zealand. *WSEAS Transactions on Mathematics*, 13(1), 12-21.
- Shu, M.H., Nguyen, T.L., Hsu, B., Lu, C., & Huang, J.C. (2014). Forecasting cargo throughput with modified seasonal ARIMA models. *WSEAS Transactions on Mathematics*, 13, 171-181.
- Tan, C.L., Chang, S.P., (1996). Residual correction method of Fourier series to GM(1,1) model. In *Proceedings Of The First National Conference On Grey Theory And Applications*, Kauhsiung, Taiwan (pp. 93-101).
- Tas, O., Yakak, E., & Ugurlu, U. (2018). Euro/TL Kuru Tahmininde İstatistik Ve Yapay Sinir Ağları Kullanımı. *PressAcademia Procedia*, 7(1), 414-417.
- Üreten, S. (2005). *Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Vergil, H., & Özkan, F. (2007). Döviz Kurları Öngörüsünde Parasal Model ve Arima Modelleri: Türkiye Örneği.
- Wang, Y., Wang, J., Zhao, G., & Dong, Y. (2012). Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting: A case study of China. *Energy Policy*, 48, 284-294.